43
P. V. - 2
641502
Smithsonian
2

ATTI

DELLA

R. ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCX

1913

SERIE QUINTA

MEMORIE

DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI

VOLUME IX.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1913

ATTI

DELLA

R. ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIX

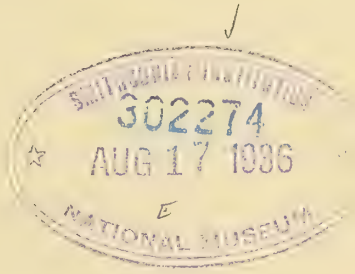
1912

SERIE QUINTA

MEMORIE

DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI

VOLUME IX.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1912

RELAZIONE

dei Soci VOLTERRA e LEVI-CIVITA (relatore), letta nella seduta del 4 febbraio 1912, sulla Memoria dell'ing. C. FOSSA-MANCINI, intitolata: *Studio critico sulla teoria del Poynting.*

L'autore ricorda che il flusso di energia in un campo elettromagnetico è assegnabile, in base alle equazioni del campo, soltanto a meno di un vettore solenoidale. E si propone di indagare se la classica determinazione adottata dal Poynting, che pur si impone per suggestiva semplicità, possa proprio in ogni caso ritenersi rispondente alla diretta intuizione fisica.

Egli immagina all'uopo un ciclo schematico di trasmissione per cavo, e mostra come in tal caso vi sia effettivamente divario fra il flusso indicato dal vettore di Poynting, e quello che appare il più plausibile in base alle speciali circostanze di fatto. Ciò trova espressivo riscontro in una analogia idraulica opportunamente notata dall'autore.

La Memoria contiene anche qualche altra considerazione critica, che si riattacca a idee già espresse da Hertz e da Ferraris.

L'interesse generale del soggetto e l'esempio appropriato, che ne illustra l'intima natura in un caso fisicamente ben definito, rendono, a nostro avviso, il lavoro in esame meritevole di integrale inserzione negli Atti accademici.

Studio critico sulla teoria del Poynting.

Memoria dell' ing. C. FOSSA-MANCINI

1. Fu nel 1884 che il Poynting, partendo dalle equazioni di Maxwell, pubblicò la sua Memoria sulla propagazione dell'energia elettromagnetica, tre anni prima cioè che le celebri esperienze di Hertz, iniziate nel 1887, fossero venute a confermare nel modo più splendido la giustezza di quella teoria che, intuita da Faraday, fu dal Maxwell ridotta a forma analitica e mirabilmente concentrata nelle equazioni che portano il suo nome.

Siccome la teoria del Poynting non è che una conseguenza di quella del Maxwell, il trionfo di quest'ultima venne a dare un'importanza straordinaria alle deduzioni del Poynting, tanto che esse vennero generalmente accettate (1) quantunque le conclusioni alle quali per mezzo di queste si giunge in qualche caso speciale, non solo non poterono sino ad ora esser confermate dall'esperienza, ma si presentano così poco probabili che molti scienziati ebbero ripugnanza ad accertarle, e Hertz ebbe a dire che il principio della continuità dell'energia, quale fu nettamente delineato dal Poynting, non trovava ancora nella scienza un terreno preparato.

La teoria del Poynting si basa su di un'ipotesi semplificativa, ipotesi completamente arbitraria alla quale il fenomeno fisico non ha alcuna ragione di uniformarsi. Ed è precisamente all'accettazione di questa ipotesi che si attribuisce la deficienza della teoria, in quanto che il modo di propagazione dell'energia a seconda della medesima non è che uno fra gli infiniti modi possibili e non è detto che debba essere quello effettivo.

Ma interessa indagare, se la teoria possa ritenersi vera in tutta la sua generalità, ovvero se vi siano dei casi nella quale essa è in difetto.

Ecco quanto mi propongo in questo mio studio.

2. Il teorema di Poynting, che egli dedusse dalle note equazioni di Maxwell (2) è rappresentato dalla formola seguente:

$$-\int\left(\frac{dw}{dt}+q\right)dv=\frac{1}{4\pi}\int \operatorname{div} \mathrm{P}\, dv=\frac{1}{4\pi}\int \mathrm{P}_n\, d\mathrm{S}$$

(1) Oliver Heaviside, *Electromagnetic Theory. The Electrician*, London, 1893, vol. I, pag. 78; Wiedemann, *Die Lehre von der Elektricität.* Vieweg Brunschweig, 1898, vol. IV, pag. 1024; Föppl u. Abraham, *Theorie der Elektrizität. Teubner*, Leipzig, 1904, vol. I, pag. 356.

(2) Heinrich Hertz *Gesammelte Werke J. A. Barth.*, Leipzig, 1894, vol. II, pag. 232; Galileo Ferraris, *Fondamenti scientifici dell'elettricità*, Roux-Frassati, Torino, 1899, pag. 388.

nella quale

dv è l'elemento di volume

dS » » superficie

$$w = \frac{\varepsilon}{8\pi} F^2 + \frac{\mu}{8\pi} H^2$$

il valore dell'energia elettromagnetica per unità di volume; essendo F la forza elettrica, ε la costante dielettrica, μ il coefficiente di permeabilità magnetica. Conseguentemente $\frac{dw}{dt}$ rappresenta la variazione nell'unità di tempo dell'energia contenuta nell'unità di volume.

$$q = i_x X + i_y X + i_z Z$$

rappresenta l'energia che nell'unità di tempo e per unità di volume viene dissipata sotto forma di calore attraverso i conduttori.

i_x, i_y, i_z sono le componenti secondo gli assi della densità di corrente ed X, Y, Z, le componenti secondo gli stessi della forza elettrica F

$$\text{div P} = \frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z}$$

$$P_x = ZM - YN$$

$$P_y = XN - ZL$$

$$P_z = YL - XM$$

dove L, M, N sono le componenti secondo gli assi della forza magnetica H.

$$P_n = P \cos(nP)$$

è la projezione della P sulla normale all'elemento dS e

$$P = FH \operatorname{sen} \theta,$$

essendo θ l'angolo che fanno fra loro la forza elettrica F e la forza magnetica H.

Se si tien conto anche delle forze elettromotrici impresse esistenti nel campo, come ha fatto l'Abraham [1], il teorema di Poynting così completato può scriversi:

$$(1) \qquad \frac{dW}{dt} = \int \frac{dw}{dt} dv = -\frac{1}{4\pi} \int dS\,[F - F_e, H]_n + \int dv(F_e, i_1) - Q.$$

Nella quale F_e rappresenta la forza elettromotrice impressa, $Q = \int q\, dv$ l'energia

[1] Föppl u. Abraham, *Theorie der Elektrizität*. Teubner, Leipzig, 1904, vol. I, pag. 361.

dissipata in calore. Sotto questo termine può naturalmente conglobarsi la parte di energia che viene utilizzata sotto qualsiasi forma.

$$i_1 = i + \frac{\partial D}{\partial t},$$

dove i è la densità di corrente, D lo spostamento dielettrico. Se si tratta di un campo stazionario, del quale noi soltanto intendiamo occuparci, $i_1 = i$.

Facciamo anzi tutto osservare che il vettore energetico P viene determinato da un'equazione differenziale, esso perciò è determinato a meno degli elementi arbitrari introdotti dall'integrazione. Questi sono sintetizzati nel nostro caso da un vettore solenoidale (per il quale cioè la divergenza è nulla).

Dicendo P_a il risultato dell'integrazione nella regione considerata a partire da una determinazione iniziale P_0, si ha

$$P = P_a + P_0. \tag{2}$$

Tale determinazione deve essere desunta dalle condizioni al limite, ossia dalle condizioni del campo al di fuori della regione soggetta all'integrazione.

E siccome queste condizioni variano a seconda dei casi, non potremo esprimere P per mezzo di una formola generale, come ha fatto il Poynting, ma, per formarci un concetto esatto di tale grandezza, dovremo trattare separatamente i diversi casi, tenendo conto per ciascuno di essi delle predette condizioni.

In generale tanto il campo elettrico F quanto il campo magnetico H, sono indefiniti, estendendosi in tutti i sensi sino all'infinito. Altrettanto deve dirsi del vettore energetico P.

Si può però immaginare qualche caso speciale nel quale il campo del vettore sia compreso in uno spazio finito, dove cioè il flusso energetico venga in certo qual modo canalizzato.

3. Il campo elettromagnetico è prodotto da un conduttore percorso da corrente.

Si ritiene il conduttore rettilineo filiforme di raggio r_0 assai piccolo di fronte alla lunghezza l, la corrente continua d'intensità costante I. Si suppone inoltre che detto filo sia ricoperto da uno strato dielettrico di spessore $\varrho_0 - r_0$, esteriormente al quale si trovi un'armatura metallica messa in comunicazione con la terra. In tal modo il filo unitamente alla sua armatura formano un condensatore, la cui capacità per unità di lunghezza è costante per tutti i punti del filo, che non sono troppo vicini agli estremi.

Ciò premesso, veniamo a determinare il campo elettromagnetico nella regione compresa tra il filo e l'armatura.

Prendiamo per asse delle z l'asse del filo (fig. 1). Diciamo V_1 il potenziale all'origine O, ove supponiamo esistere il generatore, V_2 il potenziale della distanza l, ove supponiamo trovarsi l'utilizzatore.

Siccome per la legge di Ohm il potenziale lungo un conduttore varia linearmente, il potenziale ad una distanza z_0 dall'origine sarà

$$V_0 = V_1 - (V_1 - V_2)\frac{z_0}{l}$$

ovvero ponendo $\frac{V_1 - V_2}{l} = p$

$$V_0 = V_1 - p z_0 .$$

Nel dielettrico, supposto omogeneo e privo di cariche elettriche, il potenziale V deve soddisfare all'equazione di Laplace

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 .$$

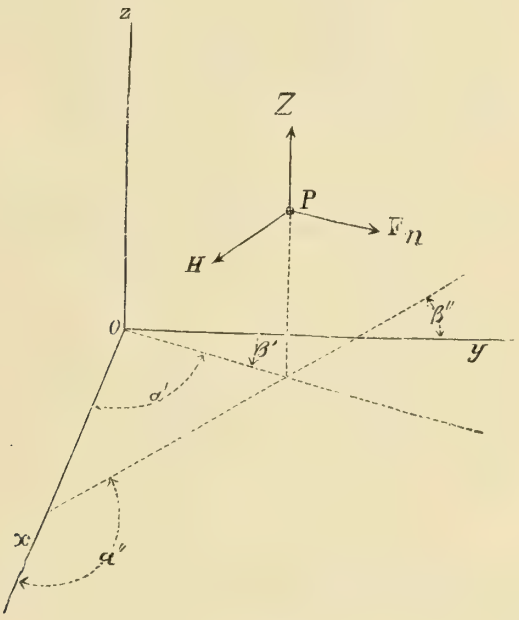


Fig. 1.

Nel nostro caso in cui $r^2 = x^2 + y^2$ la predetta equazione in coordinate cilindriche diviene

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial V}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 . \tag{3}$$

Come il potenziale V_0 sul conduttore varia linearmente con z, altrettanto dovrà (con grande approssimazione) verificarsi pel potenziale nel dielettrico, porremo perciò

$$V = A - Bz ,$$

dove A e B sono costanti relativamente a z, cioè funzioni di r.

Sostituendo tale espressione nella (3) si ha

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \quad ; \quad \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial A}{\partial r}\right) - \frac{z}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial B}{\partial r}\right) = 0 .$$

Quest'ultima equazione è soddisfatta ponendo

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial A}{\partial r}\right)=0 \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial B}{\partial r}\right)=0 .$$

Dalle quali integrando si ottiene

$$A = C_1 \log r + C_3 \quad ; \quad B = C_2 \log r + C_4 .$$

Le costanti $C_1\ C_2\ C_3\ C_4$ vengono determinate dalle condizioni

$$\begin{array}{lllll} 1^a & z=0 & ; & r=r_0 & ; \quad A=V_1 \\ 2^a & z=0 & ; & r=\varrho_0 & ; \quad A=0 \\ 3^a & z=l & ; & r=r_0 & ; \quad B=p \\ 4^a & z=l & ; & r=\varrho_0 & ; \quad B=0 . \end{array}$$

Donde segue

$$A = \frac{V_1}{\log\frac{\varrho_0}{r_0}}\log\frac{\varrho_0}{r} \quad ; \quad B = \frac{p}{\log\frac{\varrho_0}{r_0}}\log\frac{\varrho_0}{r}$$

e ponendo

$$\frac{V_1}{\log\frac{\varrho_0}{r_0}} = u \quad ; \quad \frac{p}{\log\frac{\varrho_0}{r_0}} = \lambda$$

$$V = (u - \lambda z)\log\frac{\varrho_0}{r} .$$

Dicendo F_n e Z le componenti della forza elettrica, l'una normale l'altra parallela al filo si ottiene

$$F_n = -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{u-\lambda z}{r}$$

$$Z = -\frac{\partial V}{\partial r} = \lambda \log\frac{\varrho_0}{r} .$$

La forza magnetica H è normale al piano che passa pel punto P e l'asse delle z. Essa per la legge di Biot e Savart è data dall'espressione

$$H = \frac{2I}{r} = \frac{m}{r} .$$

Siano $\alpha'\beta'\gamma'$, $\alpha''\beta''\gamma''$ gli angoli che le componenti delle forze F_n ed H fanno con gli assi delle x, y, z, si ha

$$\cos\alpha' = \frac{x}{r} \quad ; \quad \cos\beta' = \frac{y}{r} \quad ; \quad \cos\gamma' = 0 ,$$

$$\cos\alpha'' = \frac{y}{r} \quad ; \quad \cos\beta'' = -\frac{x}{r} \quad ; \quad \cos\gamma'' = 0 .$$

Conseguentemente le componenti delle forze secondo gli assi saranno

$$X = F_n \cos \alpha' = \frac{(u - \lambda z)\, x}{r^2} \quad ; \quad L = H \cos \alpha'' = \frac{my}{r^2}$$

$$Y = F_n \cos \beta' = \frac{(u - \lambda z)\, y}{r^2} \quad ; \quad M = H \cos \beta'' = -\frac{mx}{r^2}$$

$$Z = \lambda \log \frac{\varrho_0}{r} \quad ; \quad N = H \cos \gamma'' = 0$$

Le componenti del vettore P

$$P_x = ZM - YN = -\lambda m \frac{x}{r^2} \log \frac{\varrho_0}{r}$$

$$P_y = XN - ZL = -\lambda m \frac{y}{r^2} \log \frac{\varrho_0}{r}$$

$$P_z = YL - XM = m(u - \lambda z) \frac{1}{r^2}$$

ed essendo

$$\frac{\partial P_x}{\partial x} = \frac{\lambda m}{r^2}\left(\frac{2x^2}{r^2} - 1\right) \log \frac{\varrho_0}{r} + \lambda m \frac{x^2}{r^4}$$

$$\frac{\partial P_y}{\partial x} = \frac{\lambda m}{r^2}\left(\frac{2y^2}{r^2} - 1\right) \log \frac{\varrho_0}{r} + \lambda m \frac{y^2}{r^4}$$

$$\frac{\partial P_z}{\partial z} = -\frac{\lambda m}{r^2}$$

si ottiene

$$\operatorname{div} P = \frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z} = 0.$$

Dunque la divergenza del vettore P è nulla in tutti i punti del dielettrico compreso tra il conduttore, la sua armatura ed i piani normali all'origine ed alla distanza l.

A questo risultato si doveva necessariamente arrivare perchè, essendo la divergenza espressa dalla formola generale

$$\operatorname{div} P = -4\pi\left(\frac{\partial w}{\partial t} + q\right)$$

ed essendo nella regione considerata le grandezze $\frac{\partial w}{\partial t}$ e q ambedue ovunque eguali a zero, anche div P doveva esser nulla in tutti i punti del campo.

Il flusso di energia che attraversa il dielettrico considerato è dato dalla formola

$$W = \frac{1}{4\pi} \int P_n \, dS = \frac{1}{4\pi} \int [P_x \cos(nx) + P_y \cos(ny) + P_z \cos(nz)] \, dS.$$

la quale, applicata alla superficie di contatto tra il filo ed il dielettrico, essendo

$$\cos(nx) = \frac{x}{r} \quad ; \quad \cos(ny) = \frac{y}{r} \quad ; \quad \cos(nz) = 0$$

ci dà

$$W = \frac{1}{4\pi} \int \left[-\lambda m \frac{x^2}{r^3} \log \frac{\varrho_0}{r} - \lambda m \frac{y^2}{r^3} \log \frac{\varrho_0}{r} \right] dS = -\frac{\lambda m}{4\pi} \int \frac{1}{r} \log \frac{\varrho_0}{r} \, dS \, .$$

Per la lunghezza l del filo, essendo

$$r = r_0 \quad ; \quad S = 2\pi r_0 l$$

$$W_p = -\frac{\lambda m l}{2} \log \frac{\varrho_0}{r_0} \, .$$

Questo flusso di energia è diretto in senso contrario al raggio r. Se si assume come senso positivo del flusso quello della normale esterna alla superficie che racchiude la regione del campo preso in considerazione, tale flusso riesce positivo, per cui scriveremo

$$W_p = \frac{\lambda m l}{2} \log \frac{\varrho_0}{r_0} \, ,$$

dove essendo $\lambda = \dfrac{p}{\log \dfrac{\varrho_0}{r_0}} = \dfrac{V_1 - V_2}{l \log \dfrac{\varrho_0}{r_0}}$; $m = 2I$

$$W_p = I (V_1 - V_2) \, . \tag{4}$$

Per la superficie esterna del dielettrico per la quale $r = \varrho_0$; $S = 2\pi\varrho_0 l$, si ha

$$W = -\frac{\lambda m l}{2} \log \frac{\varrho_0}{\varrho_0} = 0 \, .$$

Veniamo ora a determinare il flusso che attraversa una sezione piana qualsiasi normale all'asse compresa nel tronco l. In essa si ha

$$\cos(nx) = 0 \quad ; \quad \cos(ny) = 0 \quad ; \quad \cos(nz) = 1 \, ,$$

donde

$$W = -\frac{1}{4\pi} \int \left[m(u - \lambda z) \frac{1}{r^2} \right] dS \, .$$

Essendo la sezione normale all'asse delle z, la z è costante per tutti i suoi punti, si ha cioè $z = z_0$, e per essere $dS = 2\pi r \, dr$

$$W = -\frac{m}{2} (u - \lambda z_0) \log \frac{\varrho_0}{r_0} \, .$$

Consideriamo la sezione all'origine. Il flusso che entra per la medesima, diretto in senso contrario alla normale esterna, è

$$W_g = -\frac{m}{2} u \log \frac{\varrho_0}{r_0} .$$

Per la sezione alla distanza l si ha

$$W_u = -\frac{m}{2} (u - \lambda l) \log \frac{\varrho_0}{r_0} ,$$

e, siccome questo flusso è diretto nel senso della normale positiva, dovremo scrivere

$$W_u = \frac{m}{2} (u - \lambda l) \log \frac{\varrho_0}{r_0} .$$

La somma algebrica di questi due flussi

$$W_g + W_u = -\frac{\lambda m l}{2} \log \frac{\varrho_0}{r_0} = - W_p$$

corrisponde precisamente all'energia W_p data dalla (4) che, attraversando la superficie interna del dielettrico, va a trasformarsi in calore nel conduttore.

Per determinare direttamente il valore di questa energia, consideriamo il campo elettromagnetico nell'interno del conduttore.

Detta i la densità della corrente, supposta distribuita uniformemente sulla sezione trasversale, si ha

$$i = \frac{I}{\pi r_0^2} \quad ; \quad H = \frac{2\pi r^2 i}{r} = \frac{2I}{r_0^2} r = nr \quad ; \quad F = \frac{V_1 - V_2}{l} = p$$

$$\cos \alpha' = 0 \quad ; \quad \cos \alpha'' = \frac{y}{r}$$

$$\cos \beta' = 0 \quad ; \quad \cos \beta'' = -\frac{x}{r}$$

$$\cos \gamma' = 1 \quad ; \quad \cos \gamma'' = 0 .$$

Le componenti delle forze secondo gli assi

$$X = 0 \quad ; \quad L = ny$$
$$Y = 0 \quad ; \quad M = -nx$$
$$Z = p \quad ; \quad N = 0 .$$

Le componenti del vettore P

$$P_x = -npx$$
$$P_y = -npy$$
$$P_z = 0$$

e la divergenza

$$\text{div } \mathrm{P} = -2np .$$

Calcolando il flusso che attraversa la superficie cilindrica del conduttore con la formola

$$\mathrm{W} = \frac{1}{4\pi} \int [\mathrm{P}_x \cos(nx) + \mathrm{P}_y \cos(ny) + \mathrm{P}_z \cos(nz)] \, d\mathrm{S} ,$$

dove

$$\cos(nx) = \frac{x}{r} \quad ; \quad \cos(ny) = \frac{y}{r} \quad ; \quad \cos(nz) = 0$$

si ottiene

$$\mathrm{W} = \frac{1}{4\pi} \int \left[-np \frac{x^2}{r} - np \frac{y^2}{r} \right] d\mathrm{S} = -\frac{1}{4\pi} \int npr \, d\mathrm{S} .$$

Per tutta la superficie cilindrica considerata essendo

$$r = r_0 \quad ; \quad \mathrm{S} = 2\pi r_0 l \quad ; \quad n = \frac{2I}{r_0} ,$$

$$\mathrm{W}_p = -\frac{1}{4\pi} npr_0^2 2\pi l = -I(\mathrm{V}_1 - \mathrm{V}_2) .$$

Allo stesso risultato si giunge facendo l'integrazione della divergenza per tutto il volume del conduttore considerato

$$\mathrm{W}_p = -\frac{1}{4\pi} . 2np . \pi r_0^2 l = -I(\mathrm{V}_1 - \mathrm{V}_2) .$$

Dunque il flusso entrante nel conduttore è eguale e di segno contrario al flusso uscente dal dielettrico datoci dalla (4), perciò, come era da prevedersi, tutta l'energia che attraversa la superficie cilindrica interna del dielettrico va a trasformarsi in calore nel conduttore.

Esaminando il campo del vettore P, noi troviamo che la sua divergenza è nulla in tutto lo spazio occupato dal dielettrico; al di fuori, e precisamente nell'interno del conduttore, la divergenza ha il valore

$$-2np = -4 \frac{I}{r_0} \mathrm{F} = -4\pi i \mathrm{F} .$$

Negli spazî occupati dal generatore e dall'utilizzatore la divergenza ha valori del tutto analoghi, come si vede immediatamente riferendoci alla formola (1) dell'Abraham riportata al § 2.

Da ultimo facciamo notare che il campo di questo vettore è un campo circuitale. Dicendo g_x , g_y , g_z le componenti della circuitazione, abbiamo

$$g_x = \frac{\partial \mathrm{P}_z}{\partial y} = -2m(u - \lambda z) \frac{y}{r^4} ,$$

$$g_y = -\frac{\partial \mathrm{P}_z}{\partial x} = 2m(u - \lambda z) \frac{x}{r^4} ,$$

e per conseguenza

$$\text{curl P} = g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} = \frac{2m(u - \lambda z)}{r^3} .$$

Sulla sezione all'origine

$$g_g = \frac{2mu}{r^3} .$$

Sulla sezione a distanza l

$$g_u = \frac{2m(u - \lambda l)}{r^3} .$$

I filetti vorticosi sono circonferenze di circoli normali all'asse del conduttore.

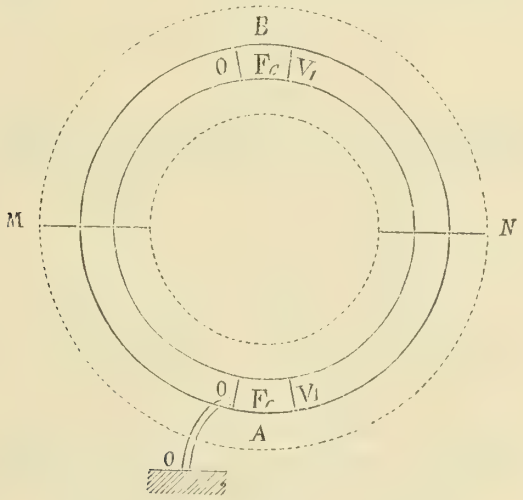


Fig. 2.

4. Sin qui abbiamo considerato un conduttore rettilineo, dove il flusso di energia è compreso nella zona anulare $\varrho_0 - r_0$.

Immaginiamo ora di piegare il conduttore unitamente alla sua armatura secondo un arco di cerchio il cui raggio sia molto grande di fronte a ϱ_0 ed r_0. Per tale fatto la distribuzione del vettore P nell'interno del dielettrico sarà solo di poco modificata, mentre il flusso totale attraversante la sezione normale resterà inalterato.

Ciò posto, consideriamo un circuito completo quale è quello rapprerentato dalla figura 2.

Il generatore trovasi in A, l'utilizzatore in B. Si suppone nulla la resistenza del conduttore, di modo che tutta l'energia prodotta dal generatore è assorbita dall'utilizzatore.

In tal caso i tubi di flusso del vettore P sono paralleli all'asse del conduttore ed hanno sezione costante.

La formola (1) del § 2 applicata alla regione del campo compresa tra le sezioni normali M ed N l'una a destra l'altra a sinistra del generatore, diventa

$$\int dv(\mathrm{F}_e\, i) = \frac{1}{4\pi} \int d\mathrm{S}\, [\mathrm{F} - \mathrm{F}_e\, , \mathrm{H}]_n = \frac{1}{4\pi} \int \mathrm{P}_n\, d\mathrm{S} = \frac{1}{4\pi} \int \mathrm{P}\, d\mathrm{S} .$$

Essendo dS costante lungo il tubo di flusso, possiamo porre $dv = dz\,dS$; e dicendo P_0 e P i valori del vettore P nei punti in cui il tubo di flusso considerato attraversa le sezioni M ed N, sarà

$$\int\int (F_e\, i)\, dz\, dS = \frac{1}{4\pi} \int (P + P_0)\, dS,$$

donde $P + P_0 = \int (F_e\, i)\, dz$.

Tenendo conto del senso del vettore che in una sezione è diretto secondo la normale interna e nell'altra secondo la normale esterna, dovremo scrivere

$$P - P_0 = \int (F_e\, i)\, dz = P'. \tag{5}$$

Il vettore P' dipende dalla forza elettromotrice impressa F_e, ossia, nel nostro caso speciale, dalla presenza del generatore, in generale dai centri od elementi energetici; lo chiameremo perciò vettore cinetico; ad esso, come si vedrà in seguito, corrisponde il flusso reale di energia.

Il vettore P_0 è una grandezza incognita di cui sappiamo solo che esso non dipende dagli elementi compresi nella regione che si considera, lo chiameremo vettore statico. A questo vettore come si vedrà in appresso non corrisponde un trasporto reale di energia, il flusso che esso produce è un flusso fittizio.

Il Poynting non fa questa distinzione, ma ritiene di poter esprimere il suo vettore in funzione soltanto degli elementi della regione considerata.

Per trovare ove è l'errore nel teorema di Poynting e vedere quali sono le correzioni che vi si devono apportare, è necessario esaminare il processo per il quale l'autore è giunto al risultato finale.

Il flusso di energia che esce da una superficie chiusa racchiudente uno spazio il cui elemento di volume è rappresentato da dv, è dato dalla formola

$$W = \frac{1}{4\pi} \int \operatorname{div} P\, dv,$$

nella quale l'integrale deve essere esteso a tutti gli elementi di volume compresi nella predetta superficie. Ora, essendo

$$\operatorname{div} P = \frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z}$$

$$dv = dx\, dy\, dz,$$

gli integrali da eseguirsi sono

$$\int\int\int \frac{\partial P_x}{\partial x}\, dx\, dy\, dz \text{ ecc.}$$

Eseguendo l'integrazione parziale relativamente ad x tra i limiti x_0 ed x, otteniamo:

$$(6) \qquad \int_{x_0}^{x} \frac{\partial P_x}{\partial x}\, dx = P_x - P_{x_0} = P'_x$$

(e le analoghe per le altre componenti), dove P_{x_0} ci rappresenta il valore di P_x per $x = x_0$.

Nella teoria del Poynting si suppone nulla tale grandezza. Questa ipotesi è inammissibile, come si vede immediatamente considerando il caso speciale in cui P_x sia costante relativamente ad x. Difatti in tal caso, essendo $\frac{\partial P_x}{\partial x} = 0$, si ha il risultato assurdo $0 = \int_{x_0}^{x} \frac{\partial P_x}{\partial x}\, dx = P_x =$ quantità finita.

È necessario dunque che la grandezza P_{x_0} e le analoghe P_{y_0}, P_{z_0} figurino nella formola esprimente il flusso di energia, la quale, in tal modo corretta e completata, diventa

$$(7) \qquad 4\pi W = \int \operatorname{div} P\, dv = \int [(P_x - P_{x_0}) \cos(nx) + (P_y - P_{y_0}) \cos(ny) + (P_z - P_{z_0}) \cos(nz)]\, dS =$$

$$= \int ((P - P_0)) \cos[n((P - P_0))]\, dS = \int P' \cos(nP')\, dS$$

la somma $((P - P_0))$ è vettoriale.

P' è il vettore cinetico, cui corrisponde il flusso di energia, P_0 il vettore statico, e $P = P' + P_0$ il vettore totale o vettore di Poynting.

Consideriamo il prisma di sezione $dy\, dz$ avente per lunghezza $x - x_0$. Nella sezione corrispondente ad x, la componente del vettore è $P_x = P'_x + P_{x_0}$, in quella corrispondente ad x_0 è P_{x_0}. Si ha dunque

$$P_x\, dy\, dz - P_{x_0}\, dy\, dz = P'_x\, dy\, dz\,.$$

Altrettanto vale per le altre componenti. Questo risultato ci dice che P_0 è un vettore solenoidale, per cui

$$\int P_0 \cos(nP_0)\, dS = 0 \quad ; \quad \operatorname{div} P_0 = 0$$

e, per conseguenza,

$$\operatorname{div} P = \operatorname{div} P'\,.$$

Tenendo conto di tali relazioni, la formola (7) ci dà

$$\int \operatorname{div} P\, dv = \int P \cos(nP)\, dS$$

$$\int \operatorname{div} P'\, dv = \int P' \cos(nP')\, dS\,.$$

Queste due equazioni ci dimostrano l'esistenza, nel campo, di due vettori completamente distinti: il vettore di Poynting P ed il vettore cinetico P', che soddisfano entrambi al principio di Gauss; ma mentre il primo è perfettamente determinato dagli elementi del campo elettromagnetico, il secondo dipende esclusivamente dai centri di energia, la cui distribuzione è in gran parte arbitraria.

Se in nessuna parte del campo esistono centri di energia, $\operatorname{div} P' = 0$; il campo è solenoidale. Consideriamo un tubo di flusso del vettore P'. Indichiamo con P_{00} il valore di P' al limite inferiore dell'integrale $\int \operatorname{div} P'\, dv$ eseguito lungo il tubo di flusso. Essendo il campo solenoidale, il flusso si mantiene costante lungo il tubo, si avrà perciò

$$P dS - P_{00} dS_0 = 0 = P' dS'.$$

Donde deduciamo la conclusione, per se stessa intuitiva, che in tal caso il vettore cinetico è nullo in tutti i punti del campo; non si ha dunque flusso d'energia.

Se al contrario in qualche parte del campo esistono centri di energia, il vettore cinetico ha valori finiti, e conseguentemente si ha flusso di energia.

Fra il vettore di Poynting ed il vettore cinetico esistono le relazioni (6) le quali però non sono sufficienti a che, data la distribuzione di uno di essi, la distribuzione dell'altro riesca determinata, come si comprende facilmente riportandosi al caso particolare da noi trattato.

In tal caso la relazione di dipendenza diventa

$$\int P' dS = \int (P - P_0)\, dS = 4\pi \int (F_e\, i)\, dv$$

che determina solamente il valore dell'intègrale e non già la distribuzione del vettore di modo che, restando questa arbitraria, si devono ritenere possibili diverse distribuzioni.

Si può supporre che il flusso di energia avvenga completamente nell'interno del conduttore, in tal caso essendo

$$dv = dz\, dS \quad ; \quad \int F_e\, dz = E$$

(dove con E si indica la forza elettromotrice del generatore) si ha

$$P' = 4\pi E i \quad ; \quad \frac{1}{4\pi} \int P'\, dS = E I$$

e, se si ritiene la densità i uniforme

$$P' = \frac{4EI}{r_0^2}.$$

Ma possiamo anche supporre che il flusso di energia avvenga nel dielettrico e precisamente nella parte di esso che sino a qui abbiamo considerato quale sede del vettore di Poynting, assumendone la stessa distribuzione.

In tal caso la relazione di dipendenza diventa

$$P' = P - P_0 = 4\pi \int (F_e\, i)\, dz = 4\pi E i$$

ed essendo per la teoria del Poynting

$$P = \frac{2IV}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} \quad ; \quad P_0 = \frac{2IV_0}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}}$$

avremo

$$P' = \frac{2I}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} (V - V_0) = \frac{2IE}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} .$$

La densità di corrente, affinchè il flusso di energia esistente nel generatore si accordi con quello che ha luogo nel dielettrico, è

$$i = \frac{I}{2\pi r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} .$$

Facciamo osservare che le espressioni algebriche del vettore cinetico P' sono perfettamente determinate in funzione di dati fissi. Qui non si riscontra l'ipotesi semplificativa del Poynting (consistente nell'omissione di una determinazione arbitraria), alla quale si attribuivano le deficienze della teoria. Qui la sola ipotesi arbitraria sta nella distribuzione del flusso.

In considerazione di tale arbitrarietà, oltre le due distribuzioni da noi trattate, se ne possono immaginare infinite altre. Lo stabilire quale fra queste sia la reale, o almeno la più probabile, sarà argomento di un altro mio lavoro.

Per meglio far comprendere le differenze caratteristiche esistenti tra il vettore cinetico e relativo flusso reale da una parte, ed il vettore statico e relativo flusso fittizio dall'altra, crediamo opportuno ricorrere a degli esempî.

Poniamo il polo negativo del generatore in comunicazione con la terra al potenziale zero, e diciamo V_1 il potenziale dell'altro polo, che, nella supposizione di resistenza nulla, è eguale al potenziale di arrivo all'utilizzatore. Il potenziale di partenza all'utilizzatore è eguale a zero.

In tali condizioni di cose il vettore P_0 alla sezione M è nullo, mentre il vettore P_1 sulla sezione N è

$$P_1 = P' = \frac{mu}{r^2} = \frac{2IV_1}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} .$$

Il flusso reale che passa dal generatore all'utilizzatore è

$$\frac{1}{4\pi} \int P'\, dS = IV_1 .$$

Ossia, in altri termini, tutto il flusso prodotto dal generatore passa all'utilizzatore.

Poniamo ora il polo del generatore, che antecedentemente era a terra, in comunicazione con una sorgente di elettricità al potenziale V_2; l'altro polo del generatore assumerà il potenziale $V_1 + V_2$ ed altrettanto avverrà per l'utilizzatore come è indidato nella figura 3.

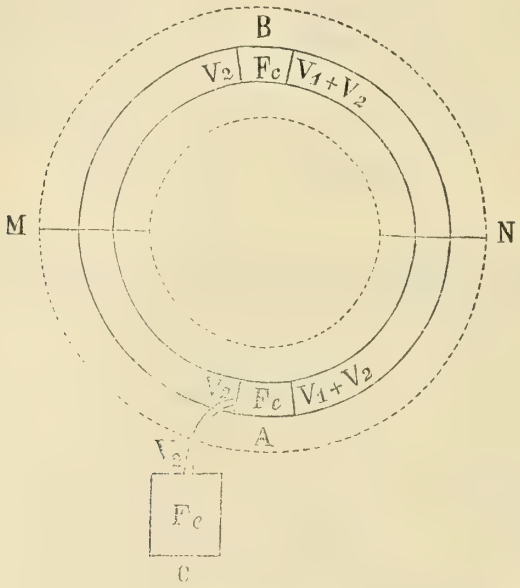


Fig. 3.

In tali condizioni di cose il vettore statico alla sezione **M** è

$$P_0 = \frac{2IV_2}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}}$$

mentre nella sezione **N**

$$P_1 = \frac{2I(V_1 + V_2)}{r^2 \log \frac{\varrho_0}{r_0}} .$$

Il vettore cinetico $P' = P_1 - P_0$ conserva lo stesso valore del caso antecedente. In questo caso dunque si ha un flusso reale IV_1 che passa dal generatore all'utilizzatore ed un flusso fittizio circolante IV_2.

5. *Analogia idraulica.* — Supponiamo di sostituire al filo conduttore ed alla sua armatura un tubo ripieno di liquido incomprensibile ed al generatore ed utilizzatore due stantuffi A e B a tenuta perfetta. Al posto della sorgente di elettricità al potenziale V_2 poniamo un terzo stantuffo C. Immaginiamo poi di esercitare sullo stantuffo A uno sforzo ωV_1, dove ω rappresenta l'area dello stantuffo. Questo sforzo si trasmette per intiero allo stantuffo B. Se supponiamo che gli stantuffi si muovano

con velocità v, l'energia che nell'unità di tempo passa da A in B è $\omega V_1 v$, e la pressione del liquido compreso fra i due stantuffi è V_1. Esercitiamo ora sullo stantuffo C una pressione ωV_2, l'energia che si trasmette da A in B resta la stessa, laddove la pressione del liquido diviene $V_1 + V_2$; e mentre lo stantuffo A funziona da motore e lo stantuffo B da ricevitore, lo stantuffo C resta immobile e non produce alcun lavoro. Si ha dunque una perfetta analogia tra il fenomeno elettromagnetico ed il fenomeno idraulico. Nell'uno abbiamo il flusso energetico, che si divide in due parti, l'una reale che trasporta energia, l'altra fittizia che circola senza produrre lavoro; nell'altro abbiamo la pressione, di cui una parte trasporta energia e l'altra non produce lavoro.

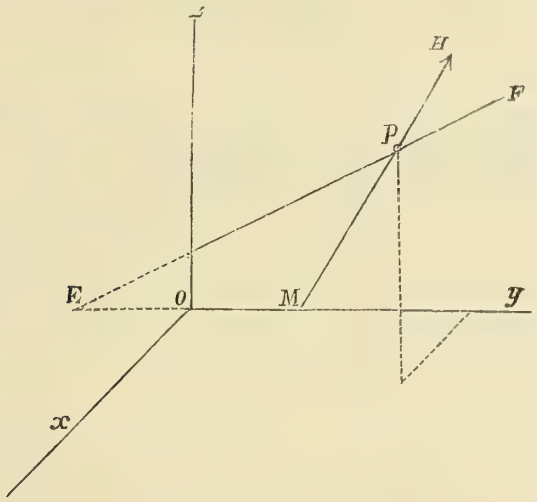


Fig. 4.

6. Veniamo ora ad un altro caso speciale, che molte analogie legano a quello antecedentemente trattato.

Il campo elettromagnetico è prodotto da un conduttore carico isolato, e da una calamita.

Per trattare rigorosamente il problema, che per se stesso è già molto complesso, converrebbe tener conto anche della carica elettrica complementare. Ma per lo scopo che vogliamo raggiungere basta considerare una massa elettrica ed una massa magnetica puntiformi ed assicurarci se il sistema incompleto così costituito soddisfi alla condizione, la quale sappiamo verificarsi pel sistema completo, di avere cioè in ogni punto del campo $\operatorname{div} P = 0$.

La massa elettrica e può essere fisicamente realizzata da un conduttore sferico piccolissimo carico di elettricità *v. g.* positiva, collocata in un ambiente assai vasto sul quale si accumula l'elettricità negativa; la massa magnetica m, dal polo di una calamita cilindrica di lunghezza tale che la regione circostante allo stesso possa ritenersi non influenzata dalla presenza dell'altro polo.

Prendiamo l'asse delle y sulla retta EM, che congiunge i punti E ed M ove si ritengono concentrate le masse e ed m, e poniamo l'origine O delle coordinate nel punto di mezzo del segmento $EM = 2b$ (fig. 4).

In un punto qualsiasi P la forza elettrica F è diretta secondo la EP e la forza magnetica H secondo la MP.

Poniamo

$$EP = r \quad ; \quad MP = \varrho$$

$$F = \frac{e}{r^2} \quad ; \quad H = \frac{m}{r^2} .$$

Seguendo il procedimento tenuto nel caso antecedente, e dicendo $\alpha'\beta'\gamma'$, $\alpha''\beta''\gamma''$ gli angoli che le forze F ed H fanno con gli assi delle x , y , z, si ha

$$\cos\alpha' = \frac{x}{r} \quad ; \quad \cos\beta' = \frac{y+b}{r} \quad ; \quad \cos\gamma' = \frac{z}{r}$$

$$\cos\alpha'' = \frac{x}{\varrho} \quad ; \quad \cos\beta'' = \frac{y-b}{r} \quad ; \quad \cos\gamma'' = \frac{z}{\varrho} .$$

Le componenti delle forze secondo gli assi risultano

$$X = F\cos\alpha' = e\frac{x}{r^3} \quad ; \quad L = H\cos\alpha'' = m\frac{x}{\varrho^3}$$

$$Y = F\cos\beta' = e\frac{y+b}{r^3} \quad ; \quad M = H\cos\beta'' = m\frac{y-b}{\varrho^3}$$

$$Z = F\cos\gamma' = e\frac{z}{r^3} \quad ; \quad N = H\cos\gamma'' = m\frac{z}{\varrho^3} .$$

Le componenti del vettore P

$$P_x = ZM - YN = -2emb\frac{z}{r^3\varrho^3}$$

$$P_y = XN - ZL = 0$$

$$P_z = YL - XM = 2emb\frac{x}{r^3\varrho^3}$$

e la divergenza

$$\operatorname{div} P = \frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z}$$

$$= -2embz\left(-3x\frac{r^2+\varrho^2}{r^5\varrho^5}\right) + 2embx\left(-3z\frac{r^2+\varrho^2}{r^5\varrho^5}\right) = 0 .$$

Dunque la divergenza è nulla in tutti i punti del campo, anche in quelli occupati dalla massa elettrica e dalla magnetica, conformemente all'espressione generale della divergenza

$$\operatorname{div} P = -4\pi\left(\frac{\partial w}{\partial t} + q\right)$$

nella quale, essendo le grandezze $\frac{\partial w}{\partial t}$ e q ambedue ovunque eguali a zero, anche div P deve esser nulla in tutti i punti del campo.

Il vettore P è circuitale e le componenti della circuitazione secondo gli assi sono

$$g_x = -\mathrm{A}\frac{3xy(r^2+\varrho^2)}{r^2\varrho^2}$$

$$g_y = -\mathrm{A}\left[2-\frac{3(x^2+z^2)(r^2+\varrho^2)}{r^2\varrho^2}\right]$$

$$g_z = -\mathrm{A}\frac{3yz(r^2+\varrho^2)}{r^2\varrho^2},$$

dove

$$\mathrm{A} = \frac{2emb}{r^3\varrho^3}.$$

La sua direzione in un punto qualsiasi del campo è normale al piano che passa per questo punto e per la retta congiungente la massa elettrica alla massa magnetica. Le linee di forza sono circonferenze di cerchi normali alla predetta retta ed i tubi di flusso sono chiusi ed hanno sezione costante in tutto il loro percorso.

Esiste dunque la più completa analogia tra il campo del caso antecedente e quello di cui stiamo trattando. Anche qui vale la formola (5) del § 4

$$\mathrm{P} - \mathrm{P}_0 = \int (\mathrm{F}_e\, i)\, dz = \mathrm{P}'.$$

E siccome in questo caso non si hanno nel campo forze elettromotrici impresse, l'integrale è nullo e con esso anche il vettore cinetico P'. Non resta che il vettore statico $\mathrm{P} = \mathrm{P}_0$ che nella teoria del Poynting è rappresentato da FH sen θ ed al quale, secondo il predetto autore, dovrebbe corrispondere un flusso di energia.

Sulla possibilità di esistenza di un tal flusso sorgevano gravi dubbî.

Alcuni teorici austeri ritenevano che le equazioni Maxwell-Hertz, e conseguentemente il teorema di Poynting, dovessero esclusivamente applicarsi al caso in cui il campo è dovuto a correnti elettriche e non a quello in cui il medesimo è dovuto a magneti permanenti.

A tali conclusioni però si opponevano considerazioni di ordine fisico.

Se il vettore energetico, secondo la teoria di Poynting, è il vettorprodotto della forza elettrica e della forza magnetica, e se la forza elettrica è la stessa, sia che essa provenga da una carica statica o da un conduttore percorso da corrente, come la forza magnetica è la stessa, sia che provenga da una corrente o da un magnete permanente, in qual modo si può ritenere che in un caso si abbia un flusso circolante di energia, e nell'altro no?

Ed in vero tanto l'Hertz [1] che il Ferraris [2] quanto più recentemente l'Abraham [3] sono d'accordo nell'ammettere che, supposto vero il teorema di Poynting in

[1] Hertz, op. cit., pag. 234.
[2] Ferraris, op. cit., pag. 400.
[3] Abraham, op. cit., pag. 362.

tutta la sua generalità, anche in un campo elettromagnetico puramente statico si debba ritenere che in tutti i punti nei quali il vettore energetico ha valori finiti esiste un flusso di energia.

Ma avendo noi dimostrato che, quando nel campo non esistono centri di energia, ossia quando div $P' = 0$, anche il vettore cinetico P' è nullo e che questo vettore soltanto produce flusso energetico, non vi è più ora alcuna ragione per ritenere che in un tal campo possa esistere flusso di energia.

Riepilogando i risultati di questo studio, concludiamo che il vettore di Poynting ed il vettore cinetico producente il flusso di energia sono due grandezze ben distinte, da non confondersi l'una con l'altra. Perchè, come abbiamo fatto vedere negli esempî da noi trattati, vi sono dei casi nei quali il vettore di Poynting ha valore finito, mentre il vettore cinetico, e conseguentemente il flusso di energia, è nullo, come pure è possibile immaginare dei casi nei quali la distribuzione del vettore cinetico sia tale che questo esista solo in una regione del campo nella quale il corrispondente vettore di Poynting è nullo.

Sopra un Delfinorinco del calcare miocenico di Lecce (*Ziphiodelphis Abeli* Dal Piaz) [1].

Memoria del Socio F. BASSANI e del Dott. A. MISURI

(con una tavola e 6 figure intercalate)

Gli studî del Costa [2], del Gervais [3], del Guiscardi [4], e specialmente quelli del prof. Capellini [5] fecero conoscere alcuni interessanti avanzi di odontoceti, scoperti

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di Geologia e di Paleontologia dell'Università di Napoli.

[2] O. G. Costa, *Paleontologia del Regno di Napoli*, parte I, in Atti Accademia Pontaniana di Napoli, vol. V (1853); parte II, ibid., vol. VII, parte I (1856); parte III, ibid., vol. VIII (1864); *Paleontologia delle provincie napolitane, Appendice I*, ibid.; *Sul genere Rythisodon*, in Rend. Acc. scienze fis. e mat. di Napoli, vol. VIII (1865); *Dei denti d'ittiosauro e di alcuni altri avanzi organici fossili appartenenti a rettili sauriani di genere incerto, provenienti dalla calcarea tenera di Lecce*, in Rend. Acc. Pont., anno VI (1858).

[3] P. Gervais, *Coup d'oeil sur les mammifères fossiles de l'Italie*, in Bull. Société géologique de France, 2.me série, tom. XXIX (1872). — P. Gervais et P. J. van Beneden, *Ostéographie des cétacés vivants et fossiles*. Paris, 1877.

[4] G. Guiscardi, *Annotazioni paleontologiche*, in Atti R. Acc. sc. fis. e mat. di Napoli, vol. V (1873).

[5] G. Capellini, *Balenottere fossili e Pachyacanthus dell'Italia mer.*, in Mem. R. Acc. Lincei, serie III, vol. I (1877); *Pachyacanthus vel Priscodelphinus*, in Trans. R. Acc. Lincei, serie III, vol. II (1878); *Della pietra leccese e di alcuni suoi fossili*, in Mem. R. Acc. Sc. Ist. Bologna, serie III, tomo IX (1878).

Gli odontoceti descritti o citati nelle precedenti Memorie — raccolti in parte per cura del compianto Ulderigo Botti, che durante la sua lunga residenza in Lecce si rese benemerito della paleontologia salentina, fondando in quella città un museo provinciale di Storia naturale — sono conservati nel Museo geologico della R. Università di Napoli e nel Gabinetto di Storia naturale dell'Istituto tecnico di Lecce, ed appartengono, secondo gli studî del senatore Capellini, che nella detta Memoria sulla pietra leccese e su alcuni suoi fossili rettificò le precedenti determinazioni e istituì efficaci confronti con avanzi di altri giacimenti italiani e stranieri, alle specie seguenti: (Vedi anche E. Flores, Atti Acc. Pont., vol. XXV [1895], Memoria n. 18, pp. 11-13).

Squalodon antverpiensis van Ben. — O. G. Costa, *Pal. Regno Napoli*, parte II, pag. 83, tav. VI, figg. 16-18 [*Rythisodon tuberculatus*]; parte III, pag. 13, tav. III, fig. 5 (*Id.*); *App.*, pp. 82-85,

nel calcare miocenico di Lecce (Terra d'Otranto) (1). — Le ricerche, proseguite in quest'ultimo trentennio sopratutto mercè le cure del benemerito prof. Cosimo de Giorgi, nelle varie cave in esercizio hanno fornito nuovi resti importanti, che si conservano nella collezione de Giorgi in Lecce e nel Gabinetto di Storia naturale dell'Istituto tecnico di quella città.

Di questi ultimi fa parte un grande frammento, costituito da una porzione del rostro e dal tratto superiore del cranio, che, sebbene fosse in buona parte inglobato nella roccia, attirò l'attenzione di uno di noi, in occasione di una visita fatta a quel Gabinetto. Il prof. de Giorgi, col gentile consenso del preside dell'Istituto, prof. Brizio

---

tav. V, fig. 6 [*Squalodon*]; *Sul gen. Rythisodon*, pag. 163 [*Id.*]. — G. Capellini, *Della pietra leccese* ecc., pp. 17-21, tav. II, figg. 4 e 6 [*Sq. antverpiensis*].

Squalodon Scillai Brandt. — O. G. Costa, *App.*, pp. 82-85, tav. V, fig. 7 [*Squalodon* (*Rythisodon*)]. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 18, tav. II, ffg. 5 [*Phocodon Scillae*].

Squalodon sp. — O. G. Costa, *Dei denti d'ittiosauro* ecc., pp. 4-7, tav. I, figg. 4 e 5 [*Ittiosauro*]; *App.*, pp. 68-73, tav. IV, fig. 13 [*Id.*]. — P. Gervais, *Coup d'oeil*, pag. 101 [*Squalodon*]. — G. Guiscardi, *Ann. pal.*, pp. 1-3, tav., fig. 1 [*Squalodon*]. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pp. 20-21, tav. II, figg. 9-10 [*Squalodon*?].

Priscodelphinus squalodontoides Cap. — O. G. Costa, *App.*, pag. 58 [*Cetaceo*]. — G. Capellini, *Balenottere foss.* ecc., pag. 17 [*Squalodon Gastaldii*]; *Pachyacanthus vel Priscodelphinus*; *Pietra leccese*, pp. 8-17, tav. I, figg. 1-6 [*Priscodelphinus squalodontoides*].

Priscodelphinus sp. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 17, tav. II, figg. 1-3 [*Priscodelphinus* (*Pachyacanthus* Brandt)].

Acrodelphis sp. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 16, tav. I, figg. 7-8 [*Campsodelphis* sp.].

Cyrtodelphis sp. — P. Gervais, *Coup d'oeil*, pag. 101 [*Schizodelphis*]. — P. Gervais et P. J. van Beneden, *Ost des cét.*, tav. LX, fig. 26 [*Id.*]. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 15, tav. I, fig. 9 [*Id.*] (Citato col nome di *Schizodelphis sulcatus* in G. Capellini, *Sui Cetoteri bolognesi*, pag. 30, Mem. R. Acc. Ist. Bologna, serie III, tomo V [1875]).

Physodon leccense Gervais. — O. G. Costa, *Pal.*, parte I, pag. 242, tav. I, fig. 1 [*Phoca*]. — P. Gervais, *Coup d'oeil*, pag. 101 [*Phys. leccense*]. — P. Gervais et P. J. van Beneden, *Ost. des cét.*, tav. XX, figg. 16-18 [*Id.*]. — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 22, tav. II, fig. 8 [*Id.*].

Gen. **Orcopsis** v. Ben. (?). — G. Capellini, *Pietra leccese*, pag. 22, tav. II, fig. 7 [*Orcopsis*?]. (Com'è noto, gli avanzi ascritti dal v. Beneden al gen. *Orcopsis* vengono adesso riferiti al genere *Beluga* Gray).

(1) Dei numerosi autori che scrissero intorno a questo notissimo calcare, comunemente detto *pietra leccese* e largamente adoperato in Terra d'Otranto come materiale edilizio e decorativo (Imperato, Giovene, Milano, Brocchi, Costa, Mauget, De Giorgi, Botti, Capellini, Taramelli, De Lorenzo, De Franchis), si vegga specialmente: O. G. Costa, *Ricerche dirette a stabilire l'età geologica della calcarea tenera a grana fine di Lecce, detta volgarmente pietra leccese*, in Il Giambattista Vico. Napoli, 1857. — G. Capellini, *Della pietra leccese e di alcuni suoi fossili*, loc. cit., Bologna, 1878. — C. de Giorgi, *La serie geologica dei terreni nella penisola salentina*, pp. 43-51 [*Pietra leccese*], in Mem. della Pont. Acc. Romana dei Nuovi Lincei, vol. XX. Roma, 1903. — In questo interessante capitolo il prof. de Giorgi riassume le nostre conoscenze sulla pietra leccese fornendo nuovi particolari, desunti dalle sue ricerche originali; e dà l'elenco dei numerosi fossili raccolti da lui fra il 1861 e il 1895, che si conservano nella sua collezione privata, e di quelli che appartengono al Museo di Storia Naturale dell'Istituto tecnico di Lecce, citando fra gli odontoceti parecchie specie dei gen. *Squalodon, Priscodelphinus, Pachyacanthus, Physodon, Campsodelphis, Schizodelphis, Orcopsis* ecc.

de Sanctis, e dell'on. Giunta di vigilanza, ai quali tutti porgiamo i migliori ringraziamenti, ebbe la compiacenza di accordarcene l'esame, inviandolo cortesemente in comunicazione a questo Laboratorio.

Nello studio e nella determinazione dell'esemplare ci fu di validissimo aiuto il prof. Giorgio Dal Piaz, a cui esprimiamo i sentimenti della nostra viva riconoscenza. Egli ci permise il confronto coi numerosi e bellissimi odontoceti dell'arenaria miocenica del Bellunese, raccolti e maestrevolmente isolati per cura di lui, che formano uno dei maggiori ornamenti del Museo geologico dell'Università di Padova, e ci profuse il sussidio della sua competenza speciale.

L'esemplare è rappresentato da una porzione di rostro e dalla parte superiore del cranio, che misurano complessivamente la lunghezza di 62 centimetri. La massima larghezza, tra le due arcate sopraorbitarie (determinabile soltanto dall'arcata sinistra fino alla linea mediana del vomere, in cm. 10,5) è di cm. 21.

Esso è molto danneggiato. Gl' intermascellari e i mascellari sono rotti in varî punti, e spostati in modo che il mascellare sinistro è quasi del tutto visibile dal di sopra, mentre nel tratto anteriore doveva appena scorgersi quando era in sito. L'arcata sopraorbitaria destra è mancante; la sinistra è assai frammentaria. La base del cranio è rotta; parzialmente asportato il sopraoccipitale; abrasi pressochè interamente i condili occipitali. Non esistono più i parietali, gli squamosi, l'esooccipitale, il basisfenoide, il basioccipitale, gli alisfenoidi, gli orbitosfenoidi, i pterigoidi e la mandibola.

Durante l' isolamento del fossile, eseguito con ogni cura in questo Laboratorio dal preparatore signor Salvatore Giordano, si rinvennero, entro la roccia includente, il periotico destro e la cassa timpanica.

Intermascellare.

I mascellari e gl' intermascellari, straordinariamente sviluppati, costituiscono i cinque sesti dell'esemplare, senza calcolare la parte distale del rostro, che certamente manca.

Gl' intermascellari, la cui porzione conservata misura la lunghezza di cm. 59, possono dividersi in tre regioni:

Nel primo tratto, della lunghezza di cm. 39,5, che va dall'estremità conservata del rostro (dove misurano il diametro trasversale di mm. 17) fino al termine della fossa nasale (dove raggiungono il diametro di mm. 26), essi presentano la superficie superiore convessa e camminano contigui fra loro, divisi da un solco ben pronunciato.

Nel secondo tratto, che si estende per 13 cm., le due ossa, un po' appiattite, cominciano a divergere fino a raggiungere il massimo divaricamento a 8 cm. dal principio di esso; poi convergono lievemente, senza però ricongiungersi, ma rimanendo separate fra loro da una distanza di millimetri 9 al limite di questo secondo tratto.

Così viene a determinarsi fra i due intermascellari uno spazio presso a poco a losanga, molto esteso, lungo 13 cm. e largo 17 mm. Entro questo spazio si scorge la faccia superiore del vomere, che assume pure la forma a losanga, ma trovasi però

in un piano sottostante nove mm. a quello dei mascellari. Verso la metà di questo secondo tratto la superficie degl' intermascellari non è più convessa e liscia, ma si fa irregolare e rugosa, ed i margini mediani divengono taglienti, sebbene ora si mostrino erosi qua e là. La parte prossimale di questo secondo tratto contribuisce a formare la faccia superiore della vôlta del cranio, e su di essa si trovano simmetricamente, a destra e a sinistra, due fori (fori sopraorbitarî), i quali si aprono sul fondo di un solco assai pronunciato, che va poi allargandosi ad imbuto e si continua con una depressione di tutto l'osso.

Il terzo ed ultimo tratto degl' intermascellari misura mm. 65 e corrisponde alla loro base di attacco, che s' insinua entro le ossa del cranio propriamente detto, di cui, da questo punto, fa parte.

Gl' intermascellari (che abbiamo visto convergere fino a metà della distanza fra i fori sopraorbitarî e i fori nasali) tornano a divergere sempre più, fino a raggiungere un divaricamento massimo di mm. 35, che corrisponde alla sutura coi nasali. Risulta così un' infossatura in forma di triangolo isoscele tronco, con la base di mm. 35 e l'altezza di mm. 58, entro la quale si può vedere il mesetmoide, che si trova su di un piano inferiore di mm. 23 a quello dei nasali, e di mm. 7 a quello degl' intermascellari.

Sulla superficie delle due ossa in discorso continua, non simmetrica, la concavità che dolcemente conduce al solco del forame sopraorbitario; esternamente, essa è delimitata da una cresta curvilinea, che va a perdersi in una protuberanza angolosa, irregolare, contigua ai nasali ed ai frontali, la quale viene a costituire la regione delle creste della parte frontale dell' intermascellare.

Dall'apice del rostro fino al forame sopraorbitario, gl' intermascellari decorrono parallelamente ai mascellari, e il solco tra gli uni e gli altri (quando si guardi il rostro di profilo) è diritto e collocato a metà di ciascun lato del rostro stesso. Poi l' intermascellare s' intromette fra la regione orbitaria e frontale del mascellare, il frontale, il nasale, il mesetmoide e il vomere (vedi fig. 1 della tavola).

Nell' insieme i due intermascellari hanno la figura di un Y con la biforcazione prossimale.

Mascellare.

I mascellari costituiscono gran parte del rostro e del cranio, ma nel nostro esemplare sono danneggiatissimi, di guisa che se ne posseggono solo dei resti molto incompleti, specialmente verso le arcate sopraorbitarie. La loro lunghezza, dall'apice alla sutura col frontale, è di circa 60 cm. Parallelamente ed inferiormente agl' intermascellari, essi sono disposti in modo da formare i lati del rostro, e presentano la superficie un po' convessa, così da completare la figura cilindroide di questo, fino a quaranta centimetri di distanza dall'apice. Poi compariscono sempre più di lato, espandendosi in forma di lamina a orlo intiero e sottile, ma arrotondato, sin quasi a livello del forame sopraorbitario (vedi sezioni alla fig. 1). Qui comincia la regione orbitaria dei mascellari, che si estende in forma di tettoia, con superficie scabra, a solchi ed a protuberanze, assai rilevata a vôlta in corrispondenza dell'orbita. Al di

là di questo punto principia la regione frontale dei mascellari stessi, con superficie depressa e per gran parte liscia, che, salendo, giunge al sopraoccipitale e al frontale, ed ha un mammellone in corrispondenza di quest'ultimo osso. La descrizione su esposta si riferisce soltanto alla parte sinistra, che è la meno guasta.

Nella superficie inferiore le due ossa sono contigue fino a circa 28 cm. dall'apice del rostro; poi si divaricano fino a raggiungere coi loro margini interni una distanza massima di mm. 12, e in seguito convergono e vanno a riunirsi a cm. 11 dal principio della divergenza. Nello spazio a strettissima losanga, così determinatosi, appare il vomere.

Il margine della mascella fino al punto precedentemente notato è arrotondato; poi diviene piatto e tagliente. Nel tratto prossimale di essa gli alveoli dentarî si presentano vicini fra loro, pochissimo profondi, obliqui e convergenti all'indietro; in

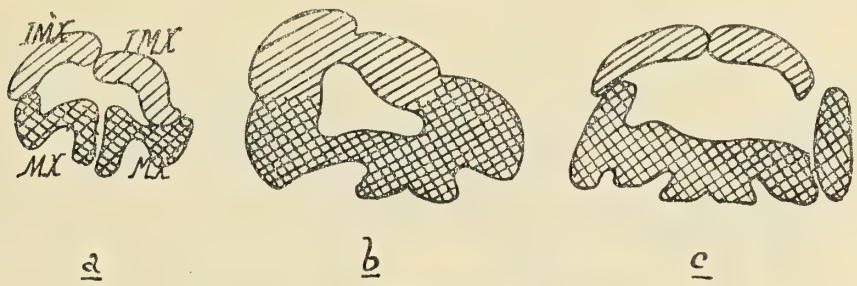


Fig. 1. — Sezione trasversale del rostro
a) a cm. 10 dall'apice; *b*) a cm. 30; *c*) a cm. 40.
[IMX, intermascellari; MX, mascellari].

quello mediano i posteriori sono un po' più profondi, rotondeggianti od ellittici, meglio distinti e disposti quasi verticalmente, e gli anteriori si mostrano più irregolari e meno nitidamente limitati. Verso la parte estrema del rostro poi scompare ogni traccia di alveoli, e rimane soltanto una doccia alveolare, qua e là più o meno dilatata. Ad onta di ogni cura nella preparazione del fossile, non si rinvennero denti.

All'altezza della intromissione distale del vomere tra i mascellari comincia una infossatura triangolare, determinata da un rigonfiamento dei mascellari stessi, entro la quale si scorge il vomere. Nel tratto prossimale di questa infossatura i margini interni convergenti dei mascellari formano, coi lati che limitano la base del predetto rigonfiamento, una figura in forma di M, così come si riscontra in molti delfinorinchi viventi e fossili.

La faccia inferiore della vôlta palatina e cranica è talmente abrasa, che soltanto a sinistra si vede la lamina dell'arcata sopraorbitaria.

Nasale.

Le ossa nasali sono sporgenti su tutte le altre e formano i due punti culminanti del cranio, accentuandosi in una cresta bitubercolata. Abbastanza conservate superiormente, sono invece erose in basso, all'innanzi. La superficie libera delle ossa

nasali è irregolare nella forma e nel rilievo. La loro faccia anteriore discende quasi perpendicolarmente verso la fossa nasale: in basso esse sono delimitate del mesetmoide; di lato, dalla regione frontale dell' intermascellare, e all' indietro dai frontali. La massima lunghezza è di 9 mm.; la larghezza è di mm. 20.

Frontale.

I frontali, la cui forma per il loro cattivo stato di conservazione non può essere esattamente indicata, appaiono stretti, estesi in senso trasversale e col margine posteriore parzialmente incavato. Prendono parte alla formazione delle due creste ossee

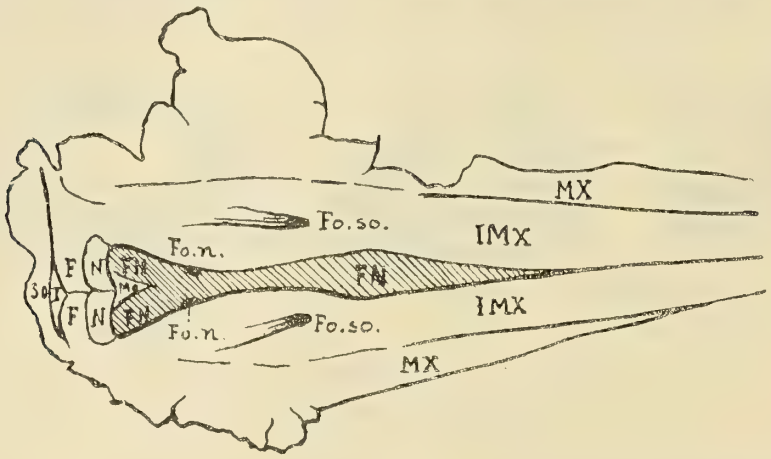


Fig. 2 ($^1/_3$ gr nat.). — Figura schematica della parte prossimale dell'esemplare, vista dal di sopra [IMX, Intermascellari; MX, Mascellari; Me, Mesetmoide; FN, Fossa nasale; N, Nasali; F, Frontali; I, Interparietale; SO, Sopraoccipitale; Fo. n., Fori nasali; Fo. so., Fori sopraorbitari].

frontali laterali, che abbiamo già descritte parlando dell' intermascellare. Tra loro s' insinua per breve tratto, a guisa di piccolo triangolo, l' interparietale.

Jugale.

Lo jugale — conservato, frammentario, soltanto a sinistra — non è visibile dalla faccia superiore del cranio, essendo nascosto quasi completamente dallo sviluppo dell'estremità anteriore dell'apofisi preorbitaria. Di esso rimangono avanzi troppo incompleti per poter essere efficacemente descritti.

Interparietale.

Come abbiamo detto, l' interparietale, molto piccolo e di forma triangolare, è interposto fra il sopraoccipitale e i frontali, tra i quali s' insinua per breve tratto. I suoi limiti peraltro non possono essere precisati, sia perchè il cranio in quel punto

è corroso, sia perchè le suture in quella regione frequentemente si obliterano, rendendo difficile la loro interpretazione anche quando si tratti di esemplari ben conservati.

Sopraoccipitale.

Rimane una parte assai incompleta del sopraoccipitale, conservato soltanto nella porzione antero-superiore, a superficie scabra per rialzi e depressioni. Anteriormente, sulla linea mediana, un piccolo tratto di sutura (in parte sinostosata) lo separa dall'interparietale; ai lati la sutura stessa s'incurva in avanti, seguendo la curvatura posteriore dei frontali. Una cresta irregolare, più rilevata sull'asse cranico (cresta sopraoccipitale), lo attraversa normalmente all'asse sagittale del cranio e si ricongiunge alle due creste fronto-laterali.

Vomere.

Come dicemmo, la forma del vomere, che è assai sviluppato, è determinata sulla faccia superiore dalla fenditura a losanga fra gl'intermascellari, attraverso alla quale esso si scorge. Nella parte prossimale è contiguo al mesetmoide, ma non si può precisare il luogo in cui dovrebbe trovarsi la sutura vomeriano-mesetmoidale, perchè l'estrema fragilità di quest'osso e di quelli che gli sono a contatto non ne consente l'isolamento. Quanto alla faccia inferiore, abbiamo già descritto l'aspetto ad M assunto dai mascellari nel loro incontro col vomere: al di là di questo punto la vôlta palatina è rotta, e quindi restano a nudo pochi avanzi della vôlta del cranio.

Mesetmoide.

Il mesetmoide, come il vomere, non è interamente visibile, perchè ricoperto in parte da uno straterello di roccia, dal quale non si può isolare in causa della sua grande fragilità. I suoi margini risultano perciò quelli delimitati dalla regione frontale degl'intermascellari.

Ha presso a poco la forma di un corto ferro di lancia, e limita, insieme coi nasali e gl'intermascellari, la fossa nasale, la quale ha la figura di un triangolo isoscele. I lati maggiori di questo, formati dagli orli degli intermascellari, nascondono parzialmente, essendo su di un piano più rilevato, i fori nasali, ellittici, collocati verso la parte più ristretta della fossa stessa e distanti fra loro 13 mm. Sul lato inferiore del cranio le coane, ampie e rotondeggianti, divise da un robusto ponte, hanno il diametro di circa 18 mm. La fossa nasale, strozzata anteriormente per il ravvicinarsi dei due intermascellari, si continua poi verso l'innanzi in un canale piuttosto stretto e irregolare, che si allarga leggermente a lunga losanga all'altezza del vomere per restringersi e scomparire a causa del ravvicinarsi e del toccarsi dei due intermascellari.

Palatino.

Rimane un solo frammento laterale del palatino di destra.

Impronte cerebrali.

Nella cavità cranica, che è allo scoperto, si può intravedere la fossetta rincoencefalica; più indietro, un po' più nettamente, si scorgono le fosse cerebrali.

Periotico.

Abbiamo già fatto cenno del rinvenimento del periotico destro, intatto, cementato dalla roccia con la cassa timpanica, dalla quale è stato isolato. Ha la lunghezza

Fig. 3. — (gr. nat.)

a) Periotico destro orientato secondo i suoi rapporti topografici con la cavità cranica, visto dal lato interno; *b*) Faccia esterna dello stesso, contigua alla cassa timpanica.

massima di mm. 33, la maggiore larghezza di 14 e lo spessore di 17. Si può dividere in tre parti: un corpo mammellonare rotondeggiante, e due apofisi, anteriore e posteriore, irregolarissime (fig. 3). La parte mediana, costituita dalla rocca petrosa, sporge visibilmente verso l'interno della cavità cranica. Guardando l'osso dall'esterno, si nota a destra un profondo solco irregolare, che termina inferiormente con una dilatazione imbutiforme; entro questo canale si apre la finestra ovale (diam. mm. $2 \times 2{,}5$), un poco spostata verso l'interno ed in basso; e a sinistra, verso il margine interno inferiore della rocca, trovasi la finestra rotonda, un po' più piccola della precedente. Dalla finestra ovale si è staccato, durante l'isolamento, lo stapedio (fig. 4), irregolarmente cuneiforme. Il canale già descritto, entro il quale è collocata la finestra ovale — canale di Falloppio —, ha il suo sbocco al disotto della finestra

rotonda, spostato esternamente ed in basso sull'apofisi posteriore. Le due apofisi si dipartono un po' lateralmente dalla rocca petrosa, e si mostrano percorse qua e là da solchi e da rilievi. Esse sono molto più sottili di quelle che si riscontrano in altri Delfinorinchi, nei quali si impiantano su di una larga base ossea, che si continua nella rocca petrosa, anch'essa molto più sviluppata. Dalla faccia interna si vede un

Fig. 4. — Stapedio ($2\frac{1}{2}$ gr. nat.)
a) dall'esterno: *b*) dall'interno; *c*) di profilo.

canale scavato un po' obliquamente verso sinistra sulla superficie della rocca petrosa (orificio semilunare), che in basso diviene assai profondo ed ha una dilatazione semicircolare a margini taglienti (condotto uditivo interno). Sul fondo di questo

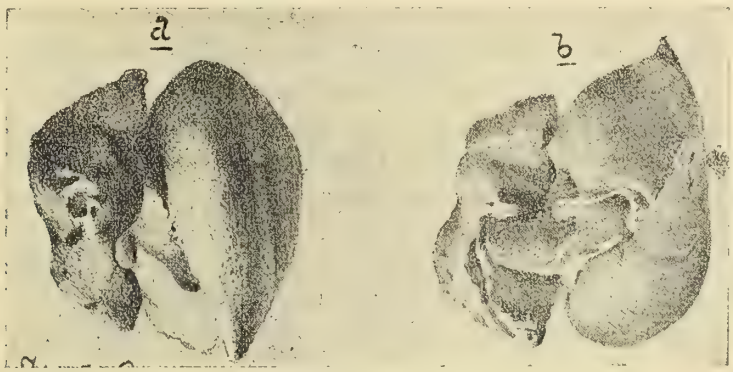


Fig. 5. — Cassa timpanica destra col periotico (gr. nat.)
a) dall'esterno; *b*) dall'interno.

condotto si aprono tre piccoli fori; e al disotto del suo orlo inferiore, se ne vedono altri due, quasi ellittici, dei quali è maggiormente sviluppato l'esterno (fori accessorii).

Cassa timpanica.

La cassa timpanica, destra, è discretamente conservata (fig. 5 e 6). È un osso irregolare, accorciato nella faccia adiacente al periotico. Ha la lunghezza di mm. 38, la larghezza massima di 23 e lo spessore di 22. Sulla faccia esterna mostra una depres-

sione, che ha principio nella parte inferiore ed interna e attraversa longitudinalmente e un po' obliqua tutto l'osso senza raggiungerne l'apice. Così la cassa timpanica risulta divisa in due porzioni irregolarmente convesse: la destra un po' appuntita nella parte inferiore; la sinistra più cospicua e rigonfia. La faccia interna presenta solchi debolmente convergenti. Nella parte superiore si delinea un'apertura, il cui margine è assai guasto, nella quale si immette anteriormente la tromba d'Eustachio.

Fig. 6. — Cassa timpanica destra (gr. nat.)
a) dall'esterno; *b*) dall'interno.

Determinazione generica e specifica dell'esemplare.

Il fossile testè descritto presenta notevoli rapporti col genere *Eurhinodelphis* du Bus (1), e più ancora col gen. *Cyrtodelphis* Abel (*Schizodelphis* Gervais) (2), al quale uno di noi l'aveva sul principio riferito (3); tuttavia si distingue nettamente da entrambi. Negli *Eurhinodelphis* infatti (a tacere di altri caratteri desunti dalle particolarità della regione dentaria, dalla forma del periotico ecc.) i mascellari si arrestano molto prima dell'apice del rostro, il cui tratto distale risulta formato soltanto dai premascellari; mentre nel delfinorinco leccese si prolungano per tutta la estensione del rostro stesso. Nei *Cyrtodelphis* poi, in paragone del nostro esemplare, il rostro è molto più breve, il cranio è più rilevato, le creste più sviluppate e il

(1) B. du Bus, *Sur quelques Mammifères du Crag d'Anvers*, in Bull. Acad. Royale Belgique, vol. XXIV (1867), pag. 569. — O. Abel, *Les Dauphins longirostres du Boldérien* (*Mioc. sup.*) *des environs d'Anvers*, pag. 60, in Mém. du Musée Royal d'Hist. nat. de Belgique, tomo I. Bruxelles, 1901.

(2) P. Gervais, Mémoires de l'Acad. de Montpellier, tomo V (1861). — O. Abel, *Untersuchungen über die fossilen Platanistiden des Wiener Beckens*, in Denkschr. k. Akad. Wiss., Band LXVIII, pag. 850. Wien, 1899. — Id., *Les Dauphins longirostres* etc., loc. cit., pag. 47. — G. Dal Piaz, *Sugli avanzi di Cyrtodelphis sulcatus dell'arenaria di Belluno*, parte I, in Palaeontographia italica, vol. IX, pag. 189. Pisa, 1903.

(3) F. Bassani, in Boll. Soc. Geol. Italiana, vol. XXIV, pag. XLVII.

periotico notevolmente più largo. Inoltre le ossa nasali dei *Cyrtodelphis* sono piccole; le fosse omonime, divise superiormente in due parti dal mesetmoide, presentano una forma ellittica; i frontali sono larghi ed estesi in senso longitudinale, e la cassa timpanica è piriforme.

Esso trova invece il suo vero posto nel gen. *Ziphiodelphis*, recentemente fondato dal prof. Dal Piaz per un cranio dell'arenaria miocenica di Bolzano (Bellunese), come abbiamo potuto rilevare dal diretto e particolareggiato confronto fra l'esemplare di Lecce e quello veneto. Allo scopo di renderci più agevole e più efficace l'esame comparativo, il prof. Dal Piaz, che ha già pronta l'illustrazione monografica del prezioso fossile e ne ha pubblicato un cenno sommario, accompagnato dalle figure di una parte del rostro e di due denti (1), ci ha cortesemente favorito la diagnosi completa del genere, che conferma la determinazione dell'avanzo leccese e che riproduciamo qui integralmente:

« Cranio molto allungato, di forma (sezione) semicilindrica nell'estremità anteriore e quadrangolare in quella occipitale.

La parte posteriore del cranio è molto alta, con la regione superiore sopraelevata e sporgente verso l'avanti: non però nella misura che si riscontra nei Zifioidi viventi. I condili sono collocati in basso, piuttosto depressi, ma larghi assai e robusti.

Lo squamoso è robusto, largo e munito di processo zigomatico tozzo, la cui estremità superiore dista circa un centimetro dall'apofisi zigomatica del frontale.

Per la forma e per l'andamento d'insieme, le varie ossa che compongono la parte superiore del cranio di *Ziphiodelphis* ricordano notevolmente quelle di *Eurhinodelphis*, dal quale però la distinzione è netta per il diverso sviluppo dei mascellari, che nello *Ziphiodelphis* non s'arrestano ad una certa distanza dal vomere, come succede nell'*Eurhinodelphis*, ma continuano insieme con gl'intermascellari per tutto il rostro, in modo analogo a quanto si riscontra nel *Cyrtodelphis*. I nasali sono grossi, sopraelevati, globulari, notevolmente dilatati in senso trasversale. Seguono, un poco più bassi, i frontali, con disposizione pianeggiante, stretti e pure dilatati trasversalmente. Tra i due frontali s'insinua, a forma di stretto triangolo, un osso piccolo ed irregolare, che corrisponde all'interparietale.

Posteriormente ai frontali e all'interparietale succede il sopraoccipitale, leggermente concavo ed inclinato nel tratto più alto, appena appena convesso e quasi verticale in basso. La fossa nasale, la cui faccia posteriore è limitata dal mesetmoide, che si eleva a guisa di tozzo ferro di lancia fin sotto i nasali, ha forma di triangolo isoscele.

I due fori nasali, passanti alle coane e separati fra loro da un grosso ponte, sono in parte ricoperti dai bordi della fossa, bordi che risultano costituiti dagl'intermascellari. La fossa nasale, la cui tipica forma a triangolo la fa distinguere con grande facilità da quelle dei Platanistidi viventi e fossili, dopo la strozzatura anteriore, determinata dal ravvicinamento degl'intermascellari, continua in un irregolare e stretto

(1) G. Dal Piaz, *Sui vertebrati fossili delle arenarie mioceniche di Belluno*, pp. 13-16, figg. 5, 6 e 7, in Atti dell'Acc. Scientifica veneto-trentino-istriana, Classe I, anno V (1908).

canale, che si allarga lievemente a lunga losanga in corrispondenza del vomere, per poi restringersi progressivamente procedendo all'innanzi e ben presto scomparire per l'accostarsi degli intermascellari.

La regione del cranio che limita ai fianchi la fossa nasale è molto larga e grossolanamente piatta. Essa è costituita dall'espandersi dei mascellari, il cui contatto, che determina le suture, è segnato da due solchi resi più evidenti dalla presenza di due grossi cingoli sopraelevati che limitano gli intermascellari, e che dal loro lato interno sono resi evidenti dai due solchi longitudinali che conducono ai fori sopramascellari.

I mascellari nella regione orbitaria sono molto slargati, e subito sopra i lacrimali presentano un notevole ispessimento angoloso: carattere assai bene manifesto in alcuni Zifioidi.

Molto interessante è la regione dentaria, che per i suoi peculiari caratteri può dividersi in tre parti. La parte posteriore è caratterizzata da un irregolare e breve solco, al quale tengono dietro, procedendo verso l'avanti, degli alveoli ravvicinati, pochissimo profondi, che hanno l'aspetto non di fori verticali o quasi, come nei comuni delfinidi, ma di vere *tacche* allungate, pochissimo profonde, coricate sui fianchi in modo da essere quasi orizzontali e disposte obliquamente a spina di pesce, convergenti all'indietro.

La parte di mezzo è caratterizzata da alveoli un poco più profondi, grossolanamente rotondeggianti, meglio individualizzati e piantati quasi verticalmente. Nel tratto più avanzato della regione mediana gli alveoli diventano più irregolari, meno distinti fra loro, finchè si passa alla parte anteriore della regione dentaria.

Questa parte anteriore è caratterizzata dall'avere, al posto delle due file di alveoli, due docce alveolari, che diventano tanto meno profonde quanto più si procede verso l'estremità anteriore del rostro.

Si comprende che nel passare dall'una all'altra delle tre parti nelle quali abbiamo diviso la regione dentaria del cranio di *Ziphiodelphis*, non si ha un brusco cambiamento dei ricordati caratteri, ma una graduale modificazione da un tipo a quello successivo, in modo che il passaggio è quasi insensibile.

La regione mediana della faccia inferiore del rostro è occupata da una irregolare fessura, che nella parte posteriore ha la forma di una larga fossa, entro la quale sporge il vomere. Nella parte anteriore la fessura è assai più stretta ed è compresa fra i due rialzi longitudinali che appartengono ai mascellari e che a loro volta sono fiancheggiati dalle docce degli alveoli.

La mandibola ha una lunga sinfisi come i Platanistidi in generale, e l'angolo sinfisario arrotondato ricorda notevolmente quello del *Cyrtodelphis sulcatus*. Anche nella mandibola si riscontrano fori alveolari nella parte posteriore, e doccia nella parte anteriore; la quale doccia, col progredire all'innanzi, diventa assai irregolare e termina con lo scomparire o quasi. Gli alveoli della mandibola sono a contorno circolare, quasi verticali o poco inclinati e alquanto più piccoli dei corrispondenti del mascellare.

Dei denti — che nel lavoro di preparazione del cranio e della mandibola si rinvennero solo in parte e isolati, ma vicinissimi ai fori alveolari e disposti secondo

un ordine che doveva essere quello originale —, i posteriori hanno la corona bene sviluppata e in qualche caso consumata dall'uso. Ciò dimostra che si trattava di denti funzionali. Come forma generale ricordano alquanto quelli di *Acrodelphis*, ma la corona è liscia e priva di granulazioni basilari. Uno solo, nel terzo inferiore, presenta un minutissimo tubercolo. Due denti raccolti nel tratto mediano del rostro hanno la corona estremamente ridotta; altri, nel tratto anteriore, in corrispondenza delle docce alveolari, sono affatto privi di corona, relativamente piccoli e completamente rivestiti di smalto. È evidente che per questi ultimi si tratta di denti rudimentali, in periodo di avanzata riduzione; essi, a guisa di ciò che si riscontra negli attuali Zifioidi, dovevano trovarsi tutti sepolti nella gengiva, entro le rispettive docce alveolari ».

Con questa diagnosi si accordano, come abbiamo detto, le particolarità offerte dall'esemplare di Lecce, naturalmente per ciò che riguarda le parti conservate. Nel nostro avanzo, è vero, mancano purtroppo i denti, che costituiscono un carattere molto importante; ma vi corrisponde la regione dentaria, con la forma e la direzione caratteristiche degli alveoli posteriori (*tacche*), prima dei quali non si scorge il breve solco irregolare, di cui parla il prof. Dal Piaz, per il cattivo stato di conservazione del tratto relativo del mascellare. Le dimensioni del cranio di Bolzano sono notevolmente maggiori, e tutte le ossa si presentano in generale robuste e massicce, nè fra esse si scorgono più le suture. Altrettanto può dirsi per il periotico e la cassa timpanica, che nel fossile di Lecce sono più delicati, più eleganti e levigati. Evidentemente queste lievi differenze dipendono da ragioni di età, assai più avanzata nell'esemplare del Bellunese, il quale, per tutti i caratteri del cranio, per le dimensioni, per lo stato delle suture ecc., rappresenta un individuo a sviluppo completo e probabilmente vecchio (1).

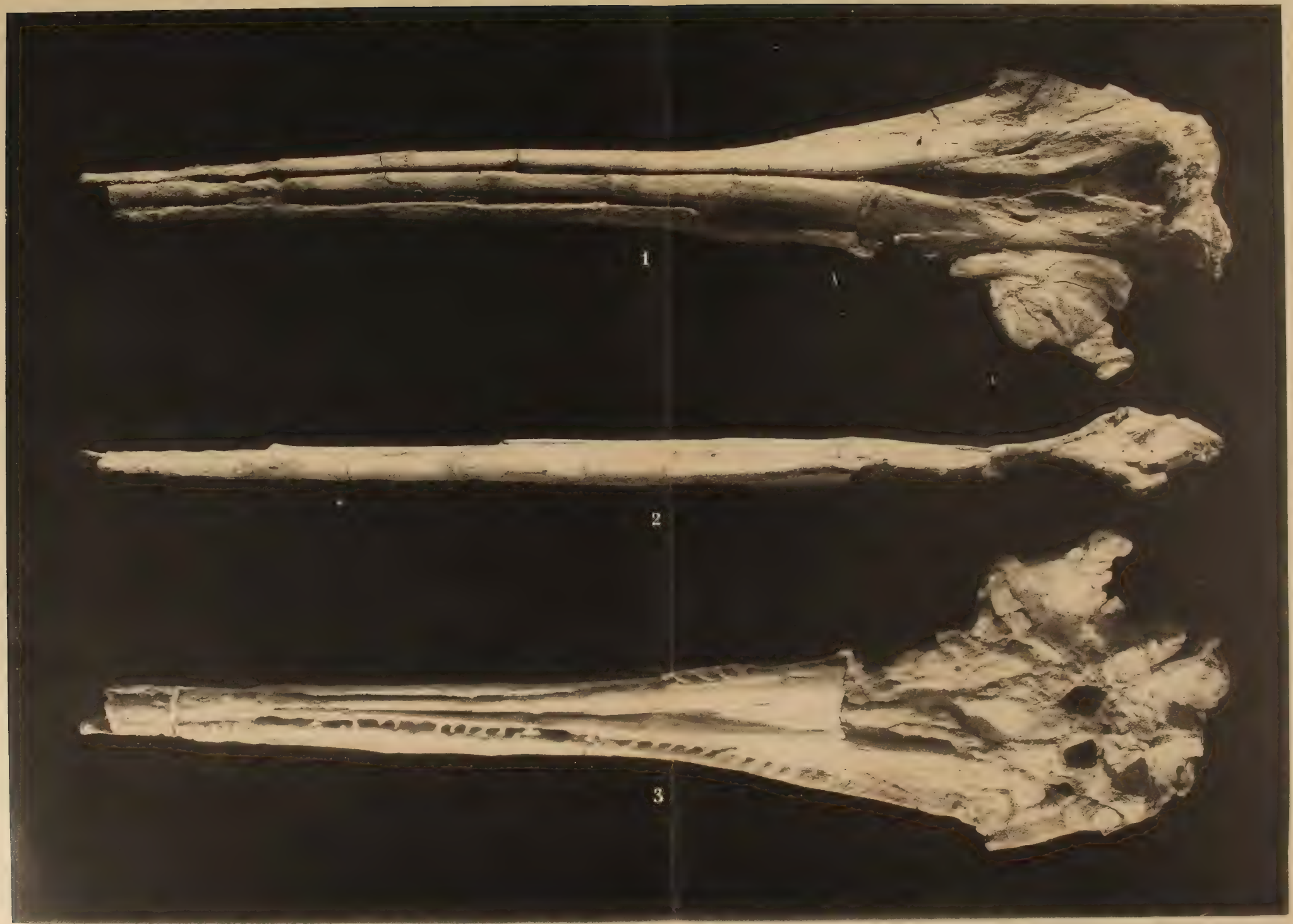
(1) Come il prof. Dal Piaz ha già avvertito nella citata nota sui vertebrati fossili di Bolzano (pag. 15), lo *Ziphiodelphis* di questa località offre i maggiori rapporti coi generi *Rhabdosteus* e *Agabelus*, rispettivamente fondati dal Cope su avanzi frammentarii del Miocene di Maryland e di New Jersey (E. D. Cope, *The Cetacea*, in The American Naturalist, vol. XXIV, n. 283, con figura interc. a pag. 607. Philadelphia, Juli 1890. — Vedi anche Mc. Case, Rep. Maryland Geol. Surv., Miocene, 1904, tav. 15; Fred. W. True, *Remarks on the fossil Cetacea Rhabdosteus latiradix Cope*, in Proceedings of the Acad. Nat. Sc. Philadelphia, February 1908). Ma tali avanzi sono così scarsi e la descrizione è così succinta e incompleta, che è impossibile istituire un confronto efficace fra loro e il fossile italiano. Tuttavia si può asserire che questo, pur presentando delle affinità coi tipi americani, ha caratteri distintivi suoi proprî, i quali giustificano pienamente l'istituzione di un nuovo genere. Infatti nel *Rhabdosteus latiradix* Cope la serie alveolare, che nel gen. *Ziphiodelphis* è continua, cessa verso il mezzo; gli alveoli dentari situati un po' avanti la depressione del palato non sono a losanga, come nello *Ziphiodelphis*, ma ellittici o rotondeggianti; e gl'intermascellari, che in quest'ultimo vanno dilatandosi nella parte frontale e contribuiscono a formare un buon tratto della regione frontale stessa, nel *Rhabdosteus* invece, dopo avere raggiunto la massima dilatazione un po' avanti la base d'attacco del rostro al cranio propriamente detto, vanno restringendosi nella parte frontale. Quanto al gen. *Agabelus*, pure rappresentato da un frammento di rostro (K. A. Zittel, *Traité de Pal.*, trad. franc., vol. IV, pag. 174. Paris, 1894), esiste un solco alveolare, ma i denti sono atrofizzati. È dunque da concludere che i gen. *Rhabdosteus* e *Agabelus* (il cui valore, del resto, come quello di tutti i generi basati su avanzi affatto incompleti e che possono dar luogo a errori d'interpretazione, deve ritenersi transitorio e assolutamente convenzionale) non vanno confusi col gen. *Ziphiodelphis*, sul cui notevole valore sistematico e filogenetico il prof. Dal Piaz ha già esposto sommariamente importanti considerazioni (loc. cit., pp. 15-16).

Concludendo, il delfinorinco del calcare leccese corrisponde non solo per il genere, ma anche per la specie (*Ziphiodelphis Abeli* Dal Piaz) a quello dell'arenaria di Bolzano (Belluno). Nuovo interessante risultato, che aumenta le affinità fra questi due giacimenti, i quali, come ha già osservato il prof. Dal Piaz, hanno tanti rapporti cronologici e faunistici.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

(Le tre figure sono a metà del vero)

Fig. 1. — Porzione di cranio e rostro di *Ziphiodelphis Abeli* Dal Piaz, visto dal disopra.
Fig. 2. — Lo stesso, visto di profilo.
Fig. 3. — Lo stesso, visto dal disotto.



DANESI – ROMA

RELAZIONE

del Socio G. Ciamician, relatore, a nome anche del Socio R. Nasini, letta nella seduta del 7 gennaio 1912, sulla Memoria del prof. Giuseppe Bruni intitolata: *Ricerche teoriche e sperimentali sulle soluzioni solide.*

Il prof. Giuseppe Bruni dopo avere pubblicato singolarmente durante una lunga serie di anni in varî periodici i risultati delle sue ricerche sulle soluzioni solide, li riassume ora nella presente Memoria, che costituisce un quadro completo della sua opera intorno a questo importante argomento.

La Memoria, divisa in cinque parti, tratta delle soluzioni solide fra sostanze organiche, della verifica quantitativa della teoria, dell'applicazione dei principî della termodinamica e della teoria delle fasi alle soluzioni solide, delle ricerche sulla diffusione allo stato solido e finalmente dell'analisi termica delle miscele di sali inorganici.

Il Bruni con un assiduo lavoro ha contribuito assai largamente alla dimostrazione dell'esattezza della legge di van't Hoff sulle soluzioni solide ed ha eliminato a poco a poco tutte le obbiezioni che da varie parti erano state mosse alle nuove vedute intorno alla natura delle miscele isomorfe.

Di tutto questo largo materiale sperimentale e delle conseguenti deduzioni teoriche egli dà una ordinata esposizione, che illustra un importante capitolo della chimica generale.

La vostra Commissione è però convinta che questa originale Memoria è ben degna di essere pubblicata negli Atti della Accademia e ne propone l'inserzione.

Ricerche teoriche e sperimentali sulle soluzioni solide.

Memoria del prof. GIUSEPPE BRUNI

INTRODUZIONE.

Scopo della presente pubblicazione è di riassumere i risultati ottenuti nella lunga serie di ricerche teoriche e sperimentali che io ho dedicato, insieme coi miei collaboratori ed allievi, allo studio delle soluzioni solide; essa si propone cioè di esporre in modo comprensivo il contributo da me portato alla conoscenza di questo problema di chimica fisica.

Questo lavoro ha pertanto fine e natura completamente diversi da quelli delle altre due pubblicazioni riassuntive che io nel 1901 e nel 1908 ho dedicato allo stesso argomento (1) e nelle quali si dava invece un quadro generale delle cognizioni intorno a questo campo di studî.

Della ormai numerosissima letteratura che si riferisce alle soluzioni solide, e che va ogni giorno crescendo, verranno per conseguenza considerati, oltre a poche memorie fondamentali, solo quei lavori che hanno stretta e necessaria connessione colle mie ricerche personali.

Per la stessa ragione la materia non verrà esposta in ordine sistematico ma piuttosto seguendo lo sviluppo storico delle ricerche relative (2).

I.

Soluzioni solide fra sostanze organiche. Ricerche crioscopiche.

1) *Storia.* — Le prime ricerche approfondite sull'argomento che ci occupa furono quelle sui numerosi casi di soluzioni solide che si possono formare fra sostanze organiche ed il metodo adoperato fu principalmente quello crioscopico.

(1) *Ueber feste Lösungen*, Stuttgart, Enke, 1901; *Feste Lösungen u. Isomorphismus*, Leipzig, Akadem. Verlags-Ges. 1908.

(2) Nel testo le note dell'autore e dei suoi collaboratori saranno indicate semplicemente con un numero corrispondente a quello che esse portano nell'elenco che si trova alla fine di questa Memoria.

Furono infatti osservazioni crioscopiche quelle che indussero van't Hoff ad esporre per la prima volta nel 1890 la teoria delle soluzioni solide [1]. Nelle prime ricerche crioscopiche eseguite su vasta scala Paternò [2] ed Eykman [3] avevano osservato alcuni casi di anomalie che si staccavano per varî caratteri da quelli dovuti ad associazione delle molecole disciolte, studiati particolarmente dal primo di questi due scienziati e da Auwers.

Queste anomalie si manifestavano, come le altre, con abbassamenti del punto di congelamento minori dei teorici; si distinguevano però pel fatto che il grado di anomalia, anzichè andar crescendo colla concentrazione, restava praticamente costante.

Si trattava sempre di soluzioni di sostanze che hanno grande analogia col solvente: fenolo e p.cresolo, aldossima e acetossima (Eykman); benzolo e tiofene, benzolo e piridina, benzolo e piperidina (Paternò). Particolarmente interessanti erano le coppie sperimentate dallo scienziato italiano, a cui era da aggiungere quella benzolo-pirrolo studiata da Magnanini [4] nel laboratorio di Ciamician. Infatti esse sono formate da due sostanze di cui una è il benzolo e l'altra è un composto ciclico costituito come quello da un solo anello penta- od esa-atomico senza catene laterali.

Già tanto Paternò quanto Eykman avevano fatto notare che il separarsi di parte dello sciolto accanto al solvente poteva essere la causa di tali anomalie, ma sulla natura di tale possibile fenomeno essi non si erano addentrati. La spiegazione fu data dal grande chimico-fisico olandese il quale ammise che nel congelamento si separassero cristalli misti omogenei analoghi alle miscele isomorfe già conosciute fino dai tempi di Mitscherlich.

Basandosi su questi fatti van't Hoff enunciò la sua teoria delle soluzioni solide; mostrò cioè come, con una semplice estensione della teoria delle soluzioni alle miscele cristalline omogenee, si possano spiegare le anomalie suaccennate e come si possano anche prevedere casi in cui l'aggiunta della sostanza disciolta possa provocare, anzichè un abbassamento, un innalzamento del punto di congelamento; previsione che fu presto confermata da numerosi fatti sperimentali.

La questione meritava di essere approfondita e soprattutto appariva interessante il ricercare se, scegliendo opportune coppie di solvente e sostanza sciolta aventi strette analogie di struttura paragonabili alle suaccennate, si ritrovasse la anomalia crioscopica caratteristica.

Questa ricerca fu intrapresa sistematicamente e su vasta scala nel laboratorio di Ciamician. Ad un primo lavoro di Magnanini [5] ne seguirono subito altri di Ferratini e Garelli [6] dapprima e quindi numerosi di Garelli [7], sia da solo, sia in

[1] Z. ph. Ch. *5*, 322 (1890).
[2] Gazz. chim. ital. *19*, 666 (1889).
[3] Z. ph. Ch. *3*, 113 (1889); *4* 497 (1889).
[4] Gazz. chim. ital. *19*, 144 (1889).
[5] loc. cit.
[6] Gazz. chim. ital. *22*, II, 245 (1892); *23*, I, 442 (1893).
[7] Gazz. chim. ital. *23*, II, 354 (1893); *24*, II, 229; *24*, II, 263 (1894); *25*, II, 173; *25*, II, 179 (1895); *26*, I, 61; *26*, II, 107 (1896).

unione a varî collaboratori; lavori da lui proseguiti anche dopo la sua partenza da Bologna nel 1896 (1).

Allo studio dello stesso problema mi dedicai poscia io che già prima, nella mia tesi di laurea eseguita a Parma (2), avevo trattato un caso speciale di formazione di soluzioni solide inorganiche di cui sarà detto in seguito. A questa ricerca delle soluzioni solide fra sostanze organiche si riferiscono ben 16 Note mie e dei miei collaboratori (3).

Infine una terza notevole serie di lavori fu eseguita negli ultimi anni, sempre nel Laboratorio di Bologna, da L. Mascarelli (4).

Questo vasto assieme di ricerche condusse a riconoscere e stabilire varie interessanti regolarità e relazioni costitutive che formeranno l'argomento di prossimi capitoli.

2) *Metodi di ricerca. - Determinazioni dirette.* — La prima preoccupazione doveva essere quella di stabilire in modo diretto ed inconfutabile la separazione di cristalli misti nei primi casi segnalati da van't Hoff. L'unica ricerca sperimentale fatta da lui eseguire su questo argomento è infatti quella di van Bijlert (5) che tratta precisamente questo punto fondamentale.

Il metodo sperimentale impiegato da van Bijlert su consiglio di van't Hoff consiste nell'analisi diretta dei cristalli separati all'inizio del congelamento. Siccome però non è mai possibile separarli completamente dall'acqua madre, permarrebbe sempre l'incertezza se la sostanza disciolta trovata non provenga da quest'ultima. Van Bijlert introduce quindi una seconda sostanza disciolta, a comportamento sicuramente normale; la quantità di questa trovata nell'analisi della massa cristallina indica la proporzione di acqua madre trattenuta per assorbimento e permette, introducendo la correzione relativa, di stabilire la esistenza o meno della soluzione solida ed anche di determinarne la concentrazione con un grado di esattezza dipendente da quello delle determinazioni quantitative impiegate.

Van Bijlert impiegò il suo metodo alla ricerca del caso benzolo-tiofene; siccome però egli impiegò come sostanza normale lo jodio, che invece, come dimostrò più tardi Beckmann, dà esso stesso soluzioni solide col benzolo, così le sue conclusioni avevano bisogno di nuova conferma.

Questo metodo fu poi successivamente impiegato da varî autori alla ricerca di un certo numero di casi interessanti e servì poi a stabilire le relazioni esistenti fra il grado della anomalia crioscopica ed il coefficiente di ripartizione della sostanza sciolta fra la soluzione solida e la liquida: questione fondamentale che sarà trattata in un capitolo successivo. In altri casi, pur non essendo sufficiente la esattezza del metodo per giungere fin là, si potè stabilire in modo diretto, sia pure qualitativo, la formazione della soluzione solida.

(1) Gazz. chim. ital. *29*, II, 258; *29*, II, 357 (1899); *34*, II, 101 (1904).

(2) Bruni *1*.

(3) Bruni e collaboratori *2*, *3*, *4*, *9*, *10*, *13*, *14*, *20*, *21*, *22*, *24*, *25*, *27*, *29*, *37*, *43*.

(4) Gazz. chim. ital. *37*, II, 527 (1907); *38*, I, 38 (1908); *39*, I, 218 (1909); *40*, I, 31 (1910); *41*, I, 73; *41*, I, 89 (1911).

(5) Z. ph. Ch. *8*, 343 (1891).

Qui ci interessa questo solo risultato. Ricerche di questa natura furono eseguite dai seguenti autori nei casi sotto segnati:

Garelli e Ferratini:	Indolo in naftalina (1) Carbazolo in fenantrene (2)
Garelli:	Ac. salicilico in benzoico (3) Fenolo in benzolo (4)
Beckmann e Stock:	Jodio in benzolo (5) Tiofene in benzolo (6)
Bruni:	Piperidina in benzolo (7) Jodoformio in bromoformio (8)
Mascarelli:	Fenolo in cicloesanolo (9) Piperidina in cicloesano (10)

Per quanto la determinazione diretta della formazione delle soluzioni solide si presentasse necessaria all'inizio delle ricerche e poi in seguito in certi casi fondamentali, tuttavia tale determinazione richiede esperienze sempre delicate e difficili; inoltre non è facile trovare fra sostanze organiche casi che si prestino a misure quantitative anche solo approssimativamente esatte, cosicchè il numero delle ricerche di questo genere doveva restare necessariamente ristretto. Nella maggior parte dei casi conveniva limitarsi al metodo crioscopico che aveva condotto alla scoperta del fenomeno.

3) *Impiego del metodo crioscopico. - Attendibilità dei risultati ottenuti con esso.* — La teoria di van't Hoff prevede che il cristallizzare di una parte della sostanza sciolta insieme col solvente deve dar luogo ad abbassamenti del punto di congelamento inferiori ai teorici ed anzi in taluni casi addirittura ad un innalzamento. Delle relazioni quantitative ci occuperemo in seguito; per ora basti dire che il grado di anomalia può esser preso come misura della tendenza dei due corpi a dare fra loro soluzioni solide.

La grandissima maggioranza delle ricerche fu dunque eseguita mediante l'esame del comportamento crioscopico delle soluzioni relative. Il procedimento seguìto era questo: data la questione se fra due sostanze possano o no formarsi soluzioni solide, bisogna sceglierne una da adoperarsi come solvente crioscopico, mentre l'altra vi si scioglie determinando poi gli abbassamenti da essa causati.

(1) Gazz. chim. ital. *22*, II, 245 (1892).
(2) Gazz. chim. ital. *23*, I, 442 (1893).
(3) Gazz. chim. ital. *26*, I, 61 (1896).
(4) Gazz. chim. ital. *26*, II, 107 (1896).
(5) Z. ph. Ch. *17*, 107 (1895).
(6) Z. ph. Ch. *22*, 612 (1897).
(7) Bruni, *3*.
(8) Bruni, *4*.
(9) Gazz. chim ital. *39*, I, 218 (1909).
(10) Gazz. chim. ital. *40*, I, 31 (1910).

Potendo è preferibile scegliere come solvente quella delle due che congela a più bassa temperatura, come l'esperienza mostrò subito, e come deve aspettarsi per ragioni teoriche. L'anomalia è in tal caso generalmente più spiccata. Preferibile sarebbe ben inteso esaminare i due casi reciproci e cioè adoperare entrambe le sostanze alternativamente come solvente e come sciolto, ciò che però è possibile solo in pochissimi casi.

Le ricerche in questione condussero, come poteva prevedersi, allo studio di gran numero di nuovi solventi crioscopici e contribuirono quindi non poco anche allo sviluppo delle nostre conoscenze sulla crioscopia in genere. Di 120 sostanze organiche di cui si conosce la costante crioscopica ben 56 furono sperimentate da Garelli, da me, e da Mascarelli nel corso delle nostre ricerche.

Resta ora da vedere se e fin dove l'osservazione di una anomalia crioscopica possa esser ritenuta come prova della formazione di soluzioni solide. Il dubbio potrebbe nascere su due punti: primo, sulla esistenza effettiva della anomalia stessa; secondo, sulla sua interpretazione e cioè sulla possibilità che essa derivi da altra causa che non sia la formazione di soluzioni solide.

La decisione sul primo punto dipende dal grado di precisione delle misure e dall'esattezza con cui è determinata la costante crioscopica del solvente (depressione molecolare).

Nei casi già abbastanza numerosi in cui si ha innalzamento del punto di congelamento l'anomalia è già fuori dubbio anche per la sola constatazione qualitativa del fatto. In molti casi l'anomalia è pure tanto spiccata da esser facilmente accertata. Altrove lo stabilirla richiede esperienze più precise.

Come si dirà in seguito il grado di anomalia può essere misurato dal rapporto

$$\gamma = \frac{\Delta_{teor.}}{\Delta_{trov.}} = \frac{M_{trov.}}{M_{teor.}},$$

dove sono $\Delta_{teor.}$ e $\Delta_{trov.}$ rispettivamente l'abbassamento crioscopico teorico (normale) e quello effettivamente osservato, $M_{teor.}$ il peso molecolare vero della sostanza e $M_{trov.}$ il peso molecolare apparente dedotto dalla formula di Raoult.

Limitandomi alle sole coppie studiate da me e dai miei collaboratori diretti, dirò che i 55 casi in cui si concluse per la esistenza della anomalia possono così raggrupparsi:

1.	Abbassamenti nulli o innalzamenti, casi	8
2.	γ maggiore di 2	» 14
3.	γ compreso fra 1,5 e 2	» 9
4.	γ compreso fra 1,2 e 1,5	» 17
5.	γ inferiore a 1,2	» 7

Pel gruppo 1) basta, come si disse, la semplice constatazione del fatto, anche senza la conoscenza della costante crioscopica. Pei gruppi 2) e 3) l'anomalia è così spiccata da esser messa fuori di questione, anche con una conoscenza approssimativa della costante e con esperienze pure approssimative. Per il gruppo 4) si richiede invece una determinazione abbastanza precisa della costante e misure crioscopiche

accurate, ma, date queste, la verifica dell'anomalia può esser fatta con piena sicurezza. Pel gruppo 5) infine l'anomalia resterà dubbia, ammenochè non si possa far conto su misure di grande precisione, oppure essa possa esser dedotta confortandosi con analogie di casi simili in cui l'anomalia sia più spiccata. Infatti dei 7 casi del gruppo 5) alcuni furono risolti positivamente per le ragioni suddette, altri vennero dati come dubbî.

Il grado di precisione raggiungibile nelle misure, e quindi anche il grado di esattezza della determinazione della costante, dipende anzitutto dalla natura del solvente e dalla sua attitudine a servire come tale. A questo argomento io e Padoa [1] abbiamo dedicato un lavoro.

Relativamente poca importanza ha la temperatura di solidificazione, per quanto solventi che fondono a temperatura troppo bassa o troppo alta siano di impiego assai incomodo.

Molta influenza hanno invece le costanti di cristallizzazione come furono definite da Tammann [2], e cioè la velocità di cristallizzazione lineare e il numero dei germi formantisi spontaneamente nella massa sopraraffreddata. Quando il valore di queste due grandezze è inferiore a un certo limite, il solvente dà sopraraffreddamenti troppo forti, gela troppo lentamente, fornisce quindi letture incerte e discordi, non si presta come solvente. Parecchi casi, il cui esame sarebbe stato interessante, si dovettero tralasciare per questa ragione.

Veniamo ora al secondo punto e cioè alla interpretazione della anomalia, una volta questa accertata.

L'errore potrebbe evidentemente nascere dallo scambiare la anomalia per soluzioni solide con quella derivante dalla associazione o polimerizzazione delle molecole disciolte; quest'ultima ha infatti in comune colla prima il carattere di manifestarsi con abbassamenti più piccoli dei teorici. Esclusi da questa confusione restano *a priori* i casi compresi nel gruppo 1), cioè quelli in cui si hanno innalzamenti.

Ma anche negli altri casi si hanno numerosi mezzi di distinguere con sicurezza. Anzitutto nei casi di associazione il grado di anomalia γ va crescendo rapidamente col crescere della concentrazione. Essa va invece comunemente tendendo verso 1 coll'aumentare della diluizione; si hanno bensì su questo punto eccezioni, ma il comportamento generale è quello prima accennato. Io e Amadori abbiamo dimostrato [3] che anche un corpo tipicamente associato come l'acqua in solventi tipicamente associanti come bromoformio e bromuro d'etilene dà pesi molecolari normali a concentrazioni sufficientemente piccole.

Completamente opposto è il comportamento quando si formano soluzioni solide. Qui il grado di anomalia (γ) è già spiccato anche in soluzioni diluite e rimane poi praticamente costante col crescere della concentrazione. La differenza fra i due casi è per lo più assai appariscente. In molti casi si osservò un comportamento singolare: i pesi molecolari apparenti (e con essi γ) vanno dapprima diminuendo col crescere della concentrazione per poi tornare a crescere. Una causa teorica di questo

[1] Bruni e Padoa, *22*.

[2] Kristallisieren und Schmelzen, Lipsia, 1903.

[3] Bruni e Amadori, *34*.

modo di comportarsi non fu veramente trovata, ma essa sembra comune a molti casi ben studiati.

Ma di criterii distintivi ve ne sono molti altri. Le anomalie per associazione, come fu stabilito da Paternò e da Auwers, sono proprie di certe categorie di composti organici, principalmente corpi ossidrilati (alcooli, fenoli, acidi, ossime ecc.), talvolta, in grado minore, corpi contenenti gruppi amminici e pochi altri. D'altra parte l'associazione ha luogo solo in certe categorie di solventi: idrocarburi, derivati alogenati, eteri e pochi altri. In genere si può dire che i corpi associabili non sono solventi associanti; e viceversa. Resta quindi escluso da questo genere di anomalie un gran numero di coppie di sostanze e una anomalia in esse osservata non potrà spiegarsi se non colla formazione di soluzioni solide.

Inoltre le anomalie per associazione si ritrovano in grado maggiore o minore anche nelle determinazioni ebullioscopiche, ciò che costituisce pure un carattere distintivo.

Infine, e ciò è più importante ancora, l'anomalia per associazione dipende dalla *funzione* chimica del solvente e dello sciolto e non dalla loro *costituzione* o configurazione, mentre per le anomalie da soluzione solida accade precisamente l'opposto.

Un acido sarà p. es. associato presso a poco nello stesso modo in tutti gli idrocarburi, qualunque sia la loro formula di costituzione, più o meno simile o lontana dalla propria. Invece un corpo sciolto dà soluzioni solide con un solvente che abbia struttura simile alla sua e non con altri aventi la stessa funzione chimica di quest'ultimo, ma struttura diversa. Lo stesso dicasi di un dato solvente rispetto a varie sostanze sciolte.

Per fissarsi su un caso pratico, quando io trovo [1] che nel nitrobenzolo è anormale il nitrosobenzolo e non il p.nitrosotoluolo e che quest'ultimo, normale nel nitrobenzolo, diviene anormale nel corrispondente p.nitrotoluolo, io sono autorizzato a concludere che le due anomalie dipendono dalle relazioni di costituzione e non dalla funzione chimica e che esse sono dovute a formazione di soluzioni solide.

Vedremo subito dopo che si stabilirono varie regolarità relative alle relazioni di struttura. Un'anomalia crioscopica, anche lieve e di dubbia interpretazione se isolata, potrà esser resa assai verosimile se si inquadri in tali regole.

Talvolta i due tipi di anomalia possono sommarsi e confondersi ed in tal caso converrà andar cauti nel trarre conclusioni. Però è possibile anche qui sceverare le due cose e stabilire quando si formino soluzioni solide. Particolarmente istruttivo è il caso del fenolo in benzolo. Il fenolo è associato, e pertanto anormale, in tutti gli idrocarburi e i solventi del genere; ma la anomalia che esso presenta nel benzolo, da cui differisce per un solo ossidrile, è enormemente maggiore di quella che mostra negli altri solventi, da cui è maggiormente o radicalmente diverso.

Garelli [2], che studiò a fondo il caso, concluse che la maggiore anomalia doveva essere attribuita a formazione di soluzioni solide e con opportune determinazioni dirette dimostrò la fondatezza di tale conclusione.

Io a mia volta feci rilevare [3] che se ai numeri forniti dal fenolo in benzolo si apporta la correzione che si deduce, come verrà detto in seguito, dalle misure

(1) Bruni e Callegari, *27*.

(2) Gazz. chim. ital., *26*, II, 107 (1896).

(3) Bruni, *2*.

quantitative di Garelli, si riduce il grado della anomalia a quello che il fenolo presenta negli altri idrocarburi.

4) *Relazioni costitutive. - Composti ciclici. - Regole di Garelli.* — Le ricerche di Garelli e dei suoi collaboratori che seguirono immediatamente alla memoria fondamentale di van't Hoff avevano per scopo di ricercare le relazioni fra la costituzione chimica delle sostanze e la loro attitudine a formare soluzioni solide; esse si riferiscono quasi esclusivamente a composti ciclici, fra i quali si trovano infatti i primi esempî risultanti dalle esperienze di Paternò e di Magnanini.

Garelli non tardò a riconoscere le regolarità esistenti in questo campo e che si possono così formulare; composti ciclici dello stesso ordine, ossia che contengono lo stesso numero di nuclei e non posseggono catene laterali, dànno fra loro soluzioni solide. Che si tratti di composti omociclici od eterociclici, di corpi aromatici puri od idrogenati, di idrocarburi o di basi sembra non aver nessuna influenza e conferma l'idea che la capacità di cristallizzare assieme è determinata dalla costituzione o configurazione della molecola e non dalla funzione chimica.

Quando in un composto fondamentale si sciolgono i suoi omologhi, cessa in generale la capacità di dar cristalli misti. Ma se dai composti fondamentali delle varie serie si passa ai loro derivati con catene laterali, si trova che i derivati corrispondenti, ossia contenenti catene laterali identiche, dànno fra loro soluzioni solide.

La tendenza a cristallizzare assieme cresce coll'ordine dei composti, ossia essa è minore nei corpi monociclici, maggiore nei bi- e più grande ancora nei triciclici.

Un'altra serie di anomalie si ha infine fra composti ciclici: quella che si verifica sciogliendo in un dato composto un suo derivato che ne differisca per contenere in più un ossidrile o un gruppo amminico legato direttamente ad un nucleo aromatico, p. es. fra benzolo e fenolo, fra benzolo e anilina, ecc.

Queste regole furono verificate da Garelli stesso con un gran numero di esempî opportunamente scelti. Un contributo pregevole, specialmente alla questione della formazione di soluzioni solide fra composti aromatici e idroaromatici fu portato assai più tardi da Mascarelli (loc. cit.).

La parte avuta da me nello studio di questo speciale problema fu invece assai limitata.

Così io ho confermato [1] con esperienze crioscopiche e con determinazioni dirette la formazione di soluzioni solide fra piridina, piperidina e benzolo.

Poscia, riattaccandomi all'ultima regola di Garelli, io ho supposto che se ossiderivati ed amminoderivati ciclici corrispondenti dànno cristalli misti col loro composto fondamentale, lo diano pure fra di loro. Una verifica eseguita assieme a Padoa [2] mostrò che ciò accade veramente fra:

α-naftolo $C_{10}H_7 . OH$ e α-naftilammina $C_{10}H_7 . NH_2$

e così pure fra:

s.tribromofenolo $C_6H_2Br_3OH$ (1.3.5.2) e s.tribromoanilina $C_6H_2Br_3NH_2$ (1.3.5.2).

[1] Bruni, *3.*

[2] Bruni e Padoa, *20.*

L'anomalia non si verifica invece o meglio è così debole da restar dubbia, per il p.cresolo $C_6H_4 . CH_3 . OH$ (1.4) e la p.toluidina $C_6H_4 . CH_3 . NH_2$ (1.4), altro esempio che la tendenza a sciogliersi allo stato solido cresce coll'ordine dei composti, o comunque colla grossezza della molecola.

Da tutto ciò risulta che le regole ora esposte, e quelle di cui sarà parola in seguito, non hanno in sè nulla di rigoroso; si tratta di regole che riassumono un numero piuttosto notevole di fatti concordanti, ma esse sono soggette a varie eccezioni che furono man mano fatte notare da Garelli stesso e da me.

5. *Ricerche ulteriori su composti ciclici.* — Io eseguii quindi, assieme coi miei collaboratori Gorni, Padoa, Callegari e Trovanelli, alcune serie di esperienze circa la formazione di soluzioni solide fra composti aromatici, differenti fra loro per sostituzione reciproca di atomi di alogeni o di gruppi nitro- o nitroso-. Che cloro-, e bromo-derivati dovessero essere capaci di dare cristalli misti era facile prevedere, dato l'isomorfismo spinto che presentano in generale i composti corrispondenti di questi elementi.

Determinazioni fatte sui derivati para-bi-sostituiti del benzolo [1]: $C_6H_4Cl_2$, C_6H_4ClBr, $C_6H_4Br_2$ (1.4) confermarono infatti che l'anomalia crioscopica è sempre enorme e giunge talora all'innalzamento del punto di congelamento.

Ignoto era il comportamento dei fluoro-composti verso gli altri alogeno-derivati; e la ricerca non era agevole, data la poca accessibilità dei derivati organici fluorurati. Si trovò però [2] che il p. cloronitrobenzolo $C_6H_4Cl . NO_2$ (1.4) innalza addirittura il punto di fusione del corrispondente fluoronitrobenzolo $C_6H_4Fl . NO_2$ (1.4). Nel senso inverso l'anomalia è debole. Il caso non è forse sufficiente per trarne regola, ed è anzi probabile che con altri composti, e specie con bromo- e jodio-derivati, l'anomalia non si ritrovi.

Sconosciuto era pure il comportamento degli alogeno-derivati aromatici rispetto ai nitro-composti corrispondenti. Ricerche cristallografiche mostrerebbero in qualche caso, ma saltuariamente e non generalmente, casi di isomorfismo o di relazioni morfotropiche spiccate. Furono eseguite [3] esperienze abbastanza numerose, sia sciogliendo i composti alogenati nei nitrocomposti, sia operando in senso inverso.

Al primo gruppo appartengono le seguenti coppie:

clorobenzolo	C_6H_5Cl	in nitrobenzolo	$C_6H_5NO_2$
bromobenzolo	C_6H_5Br	» »	»
jodiobenzolo	C_6H_5J	» »	»
α-bromonaftalina	$C_{10}H_7Br$	» α-nitronaftalina	$C_{10}H_7NO_2$.

I risultati furono che non si ha alcuna anomalia crioscopica, od essa è così lieve da non poterla osservare con sicurezza.

(1) Bruni e Gorni, *10.*
(2) Bruni e Trovanelli, *29.*
(3) Bruni e Padoa, *24.*

Al gruppo inverso appartengono invece i casi seguenti:

p-cloronitrobenzolo $C_6H_4ClNO_2$ (1.4) in p-biclorobenzolo $C_6H_2Cl_2$ (1.4)
p-bromonitrobenzolo $C_6H_4BrNO_2$ (1.4) » p-bibromobenzolo $C_6H_4Br_2$ (1.4)
p-nitrotoluolo $C_6H_4.CH_3.NO_2$ (1.4) » p-bromotoluolo $C_6H_4CH_3.Br$ (1.4)
» » » » p-jodiotoluolo $C_6H_4.CH_3.I$ (1.4)
p-nitrobenzoato metilico $C_6H_4.NO_2.COOCH_3$ (1.4)
in p-bromobenzoato metilico $C_6H_4.Br.COOCH_3$ (1.4)

β-nitronaftalina $C_{10}H_7.NO_2$ in β-cloronaftalina $C_{10}H_7Cl$
» » » β-bromonaftalina $C_{10}H_7Br$
» » » β-jodionaftalina $C_{10}H_7I$

In sette di questi otto casi si ha anomalia ben spiccata; solo nell'ultimo si ebbero numeri normali. Sembra dunque di poter trarre la regola che i nitroderivati danno soluzioni solide nei derivati alogenati corrispondenti, mentre non ha luogo l'inverso.

Tale conclusione avrebbe potuto *a priori* sembrare strana, costituendo allora un fatto isolato; in realtà si hanno molti casi analoghi, come fu dimostrato fra sostanze organiche da Mascarelli (composti aromatici negli idroaromatici e viceversa) e come poi si trova frequentemente in miscele di sali fusi e in leghe metalliche posteriormente studiate.

Interessanti sono le relazioni fra nitro- e nitroso-derivati. Al loro studio fui spinto da una osservazione di Lobry de Bruyn e Jungius [1], secondo cui l'acido o-nitrosobenzoico che si forma per esposizione alla luce dell'o-nitrobenzaldeide per l'elegante trasposizione scoperta da Ciamician e Silber [2]:

resta in soluzione solida nei cristalli della nitroaldeide inalterata. Potei infatti constatare che nitro- e nitroso-derivati corrispondenti dànno fra loro soluzioni solide. Sperimentate furono le coppie seguenti [3]:

nitrosobenzolo $C_6H_5.NO$ in nitrobenzolo $C_6H_5.NO_2$
p-nitrosotoluolo $C_6H_4.CH_3.NO$ (1.4) » p-nitrotoluolo $C_6H_4.CH_3.NO_2$ (1.4)
p-nitrosobenzoato etilico $C_6H_4.NO.COOC_2H_5$ (1.4)
in p-nitrobenzoato etilico $C_6H_4.NO_2.COOC_2H_5$ (1.4)
p-nitrosodietilanilina $C_6H_4.NO.N(C_2H_5)_2$ (1.4)
in p-nitrodietilanilina $C_6H_4.NO_2.N(C_2H_5)_2$ (1.4)

L'anomalia crioscopica è indubbia e spiccata nei primi tre casi, enorme nell'ultimo.

(1) Rec. d. trav. chim. d. Pays-Bas XXII, 298, (1903).
(2) Rend. Acc. Lincei 1901, I, 228.
(3) Bruni e Callegari, *27*.

Questo caso è reso più interessante e confermato, per le prime tre coppie, da un'altra circostanza, e cioè dalla colorazione delle soluzioni solide, argomento su cui ritorneremo diffusamente in uno dei capitoli successivi.

6. *Sostanze a catena aperta o differenti fra loro per sostituzioni in una catena aperta.* — Il contributo più importante portato da me alla conoscenza delle relazioni fra la costituzione chimica e la capacità di dare soluzioni solide, consiste nell'aver dimostrato che tali relazioni possono essere estese anche alle coppie di composti a catena aperta, o che differiscono fra loro per sostituzioni in una catena aperta, campo che fino allora era stato tentato scarsamente, e con esito negativo, da Garelli (1).

Io mostrai anzitutto che fra derivati alogenati alifatici corrispondenti si ha formazione di soluzioni solide non meno che fra quelli aromatici. Questo fu difatti verificato nei seguenti casi (2):

cloroformio $CHCl_3$	in	bromoformio	$CHBr_3$
iodoformio CHI_3	»	»	»
cloruro d'etilene $C_2H_4Cl_2$	»	bromuro d'etilene	$C_2H_4Br_2$
clorobromuro d'etilene C_2H_4ClBr	»	»	»
joduro d'etilene $C_2H_4I_2$	»	»	»
cianuro d'etilene $C_2H_4(CN)_2$	»	»	»

L'anomalia è enorme nel secondo, quarto e quinto caso; minore negli altri, ma sempre spiccata e sicura, tanto più che bromoformio e bromuro d'etilene sono solventi eccellenti.

Pel jodoformio in bromoformio la cosa fu confermata da misure quantitative.

L'ultimo caso è l'unico che mostri la sostituibilità del gruppo cianogeno agli alogeni.

Più tardi io mi sono preoccupato della sostituibilità dello zolfo all'ossigeno nei composti alifatici (3). In esperienze eseguite con Trovanelli si trovò una spiccata anomalia crioscopica nei due casi seguenti:

Acido tioacetico $CH_3.CO.SH$ in ac. acetico $CH_3.CO.OH$

tiouretano $CO(NH_2)(SC_2H_5)$ » uretano $CO(NH_2)(OC_2H_5)$.

Si ebbero invece numeri perfettamente normali in questi due altri casi:

tioacetamide $CH_3.CS.NH_2$ in acetamide $CH_3.CO.NH_2$

xantogenamide $CS(NH_2)(OC_2H_5)$ » uretano $CO(NH_2)(OC_2H_5)$.

Questi fatti sembrano dimostrare che la sostituzione di un atomo di zolfo all'ossigeno nella forma di un gruppo —SH sostituito ad —OH, lascia la capacità

(1) Gazz. Chim. Ital. *24*, II, 229 (1894).

(2) Bruni, *4*; Bruni e Gorni, *9*.

(3) Bruni e Trovanelli, *29*.

a cristallizzare assieme, mentre la sostituzione reciproca dei gruppi $>C=S$ e $>C=O$ la distrugge.

Il punto più importante messo in luce da me (assieme a F. Gorni) è quello delle relazioni fra composti saturi da un lato ed i rispettivi derivati non saturi a doppio e triplo legame dall'altro (1).

Anzitutto fu esaminato il caso degli stereoisomeri *cis* e *trans* a doppio legame etilenico; e si dimostrò che, per ogni coppia, uno di essi, e precisamente la forma *trans*, dà soluzioni solide quando venga sciolta nel corrispondente corpo saturo, mentre la forma *cis* non gode di questa proprietà.

Così furono trovate anomalie spiccatissime, ed in qualche caso enormi, nei seguenti casi:

fumarato dimetilico $\begin{matrix} CH-COO\,CH_3 \\ \| \\ CH-COO\,CH_3 \end{matrix}$ in succinato dimetilico $\begin{matrix} CH_2-COO\,CH_3 \\ | \\ CH_2-COO\,CH_3 \end{matrix}$;

acido crotonico solido $CH_3.CH=CH.COOH$
in acido butirrico $CH_3.CH_2.CH_2.COOH$;

acido cinnamico $C_6H_5.CH=CH.COOH$
in acido fenilpropionico $C_6H_5.CH_2.CH_2.COOH$;

pp-dimetilstilbene $CH_3.C_6H_4.CH=CH.C_6H_4.CH_3$
in pp-dimetildibenzile $CH_3.C_6H_4.CH_2.CH_2.C_6H_4.CH_3$.

A cui si aggiunge per opera di Garelli e Calzolari l'altro:

stilbene $C_6H_5.CH=CH.C_6H_5$ in dibenzile $C_6H_5.CH_2.CH_2.C_6H_5$.

Si ebbero invece risultati del tutto normali con:

maleato dimetilico in succinato dimetilico
acido allocinnamico (p. fus. 69°) in acido fenilpropionico.

Più tardi furono presi in esame (con Mascarelli) i composti acetilenici e si osservarono casi in cui questi dànno soluzioni solide coi corrispondenti corpi saturi e colle forme *trans* dei rispettivi derivati etilenici.

Così si ebbero anomalie crioscopiche spiccate nelle coppie seguenti (2):

etere dimetilico dell'ac. acetilendicarbonico $\begin{matrix} C.COO\,CH_3 \\ \| \\ C.COO\,CH_3 \end{matrix}$
nell'etere dimetilico dell'ac. succinico $\begin{matrix} CH_2-COO\,CH_3 \\ | \\ CH_2-COO\,CH_3 \end{matrix}$;

acido fenilpropiolico $C_6H_5.C\equiv C.COOH$
nell'ac. fenilpropionico $C_6.H_5.CH_2.CH_2.COOH$;

etere metilico dell'ac. fenilpropiolico $C_6H_5.C\equiv C.COOCH_3$
nell'etere metilico dell'ac. cinnamico $C_6H_5.CH=CH.COOCH_3$;

(1) Bruni e Gorni, *9*.
(2) Bruni e Mascarelli, *21*.

a cui si aggiunse, per osservazioni cristallografiche di Boeris (1), l'isomorfismo del

tolano $C_6H_5.C{\equiv}C.C_6H_5$ collo stilbene $C_6H_5.CH{=}CH.C_6H_5$
e col dibenzile $C_6H_5.CH_2.CH_2.C_6.H_5$.

Le mie ricerche non si limitarono alla sostituibilità di catene aperte sature a non sature, ma si spinsero ad indagare la capacità a cristallizzare assieme di corpi in cui uno o due gruppi metinici sieno sostituiti con atomi di azoto trivalente. Tale capacità era nota da tempo (Garelli) per corpi ciclici, ma io dimostrai che essa si estende al caso di tale sostituzione in catene aperte (2).

Il caso più interessante è dato dalle fortissime anomalie osservate per:

stilbene $C_6H_5.CH{=}CH.C_6H_5$ e benzilidenanilina $C_6H_5.CH{=}N.C_6H_5$
in azobenzolo $C_6H_5.N{=}N.C_6H_5$;

n-fenilbenzaldossima $C_6H_5.CH(\diagdown O\diagup)N{-}C_6H_5$
in azossibenzolo $C_6H_5{-}N(\diagdown O\diagup){-}N{-}C_6H_5$;

etere etilico dell'ac. o-nitrosobenzoico $C_6H_4\langle{}^{NO}_{COOC_2H_5}$

nell'etere etilico dell'ac. ftalaldeidico $C_6H_4\langle{}^{CHO}_{COOC_2H_5}$.

In qualcuno di questi casi, come di quelli della serie precedente, l'anomalia giunge all'innalzamento del punto di congelamento ed è accompagnata da strettissimo isomorfismo cristallografico.

Per le sostanze della seconda coppia Angeli (3) ha recentemente mostrato che sono da preferirsi, a quelle sopraesposte, e finora generalmente adottate, le formole asimmetriche:

$$C_6H_5.CH{=}N(\|O).C_6H_5 \quad \text{e} \quad C_6H_5.N{=}N(\|O).C_6H_5.$$

Ciò, beninteso, rimane in perfetto accordo colla regolarità messa in rilievo da me.

Potrebbe chiedersi se alla sostituibilità di $N{\equiv}$ a $CH{\equiv}$ non possa aggiungersi quella dell'atomo di fosforo trivalente $P{\equiv}$. Il probabile isomorfismo del trijoduro di fosforo $P{\equiv}I_3$ col jodoformio $CH{\equiv}I_3$, della cui scoperta Jäger (4) fece recentemente merito ad una nuova teoria strutturistico-cristallografica di Pope e Barlow (5),

(1) Rend. Acc. Lincei, IX, 382 (1900).
(2) Bruni e Gorni, *9*; Bruni e Mascarelli, *21*.
(3) Rend. Acc. Lincei XX, I, 896 (1911).
(4) Z. f. Kryst. u. Min. *44*, I, 61 (1907).
(5) Proceed. Chem. Soc. *22*, 264; Journal Chem. Soc. London *89*, 1675 (1906).

era già stato fino dal 1901 messo in rilievo da me, che lo avevo preveduto in base alle considerazioni sopra esposte (1).

7. *Soluzioni solide fra jodio e idrocarburi ciclici.* — Uno dei casi più interessanti di soluzioni solide è certamente quello costituito dalla coppia jodio-benzolo. Infatti in essa si ricercherebbero invano quelle analogie di struttura chimica che abbiamo visto essere in genere caratteristiche del fenomeno.

E tuttavia la formazione di soluzioni solide venne accuratamente stabilita da Beckmann (2) mediante determinazioni quantitative, il cui risultato sta in accordo perfetto con quello delle determinazioni crioscopiche. Queste mostrano spiccatissima la anomalia caratteristica.

Beckmann trovò infatti in due serie di misure:

P. mol. trov. 354, 358, 355; 348, 359.
P. mol. teor. $I_2 = 253{,}9$.

Valori dello stesso genere erano già stati trovati da Gautier e Charpy (3):

P. mol. trov. 330, 348, 345.

Negli altri solventi sperimentati da Beckmann lo jodio si comporta in modo normale, e cioè dà abbassamenti corrispondenti alla molecola $I_2 = 253{,}9$.

In acido acetico	P. mol. trov.	249,264
» uretano	» »	251,253,264
» bromuro d'etilene	» »	243,258,257
» p. xilolo	» »	253,255,260
» naftalina	» »	242,242,251.

Anche negli ultimi due solventi che, al pari del benzolo, sono idrocarburi ciclici, lo jodio è dunque perfettamente normale. La sua proprietà di dare soluzioni solide col benzolo poteva adunque apparire del tutto casuale.

La mia attenzione fu recentemente richiamata su questo interessante argomento da una conversazione avuta col mio amico prof. L. Sabbatani, a proposito di alcune ricerche non ancora pubblicate, da lui intraprese sullo stato dello jodio in taluni idrocarburi alifatici saturi. Io ho quindi nello scorso anno ripreso in esame la questione, assieme con M. Amadori, e sui risultati ottenuti abbiamo recentemente riferito al R. Istituto Veneto (4).

Noi abbiamo voluto anzitutto ripetere alcune determinazioni in solventi presunti normali, ed abbiamo usato il bromoformio, con cui Beckmann aveva ottenuto risultati che potevano lasciare incerti, e due idrocarburi ciclici: il difenile ed il dibenzile, entrambi solventi crioscopici ottimi.

(1) Bruni, *15*.
(2) Z. ph. Ch. *17*, 107 (1895).
(3) Compt. rend. *110*, 183 (1890).
(4) Bruni e Amadori, *37*.

I risultati ottenuti sono qui riassunti:

In bromoformio (p. fus. 8°; K = 144).
P. mol. trov. 257, 264; 253, 258, 263.
In difenile (p. fus. 70°; K = 80.
P. mol. trov. 256, 260, 260.
In dibenzile (p. fus. 52°; K = 72).
P. mol. trov. 256, 254, 261.
P. mol. teor. $I_2 = 253{,}9$.

Il comportamento crioscopico è dunque affatto normale, anche negli ultimi due solventi ciclici.

La capacità di dare soluzioni solide coll'jodio non dipende dunque dalla struttura ciclica o meno del solvente.

Abbiamo allora pensato che se la proprietà del benzolo, di sciogliere allo stato solido lo jodio, dipende dalla sua particolare costituzione, tale proprietà doveva probabilmente ritrovarsi in altri idrocarburi analogamente costituiti, e quindi preferibilmente in quelli che dànno essi stessi soluzioni solide col benzolo.

Secondo le suesposte regole di Garelli, il benzolo forma soluzioni solide cogli altri composti mononucleati senza catene laterali: tiofene, pirrolo, piridina, piperidina, ciclopentadiene. Di questi, solo l'ultimo è un idrocarburo e non si presta come solvente crioscopico.

Più recentemente però Mascarelli (loc. cit.) ha trovato che anche fra il benzolo e il suo esaidroderivato, cicloesano, ha luogo formazione di soluzioni solide. Ora il cicloesano si presta assai bene come solvente crioscopico, e Mascarelli ne ha fatto sotto questo rapporto uno studio approfondito, stabilendo fra altro che esso scioglie allo stato solido il benzolo e varî degli stessi corpi mononucleati che dànno soluzioni solide con questo: p. es. la piperidina.

Per la costante crioscopica Mascarelli eseguì undici serie di misure, la cui media generale dà il valore K = 201,6. Noi, per accertarci della purezza del nostro cicloesano (p. fus. + 6,2°), abbiamo eseguito due nuove serie di misure sciogliendovi naftalina e dibenzile:

Con naftalina $C_{10}H_8 = 128$
Depr. mol. trov. K = 204,3; 202,4; 201,3;
media 202,7.
Con dibenzile $C_{14}H_{14} = 182$
Depr. mol. trov. K = 202,3; 202,4; 201,2
media 201,9.

Come valore più probabile risultante dall'insieme delle misure di Mascarelli e nostre abbiamo tenuto K = 202. Il cicloesano si distingue dunque per la sua enorme costante crioscopica, circa quadrupla di quella del benzolo. Sarebbe interessante eseguire di confronto determinazioni del calore di fusione.

Siamo quindi passati alle soluzioni di jodio in cicloesano. Lo jodio si scioglie abbastanza bene in questo solvente, meno abbondantemente però che il benzolo. Le

soluzioni sono colorate in violetto. Eseguimmo dieci determinazioni crioscopiche in sei serie di non più di due concentrazioni ciascuna, per avere risultati più esatti:

Concentraz.:	0,682	P. mol. trov.	310
»	0,560; 0,985	» »	311; 311
»	0,764: 1,117	» »	315; 320
»	0,619	» »	313
»	0,760; 1,324	» »	313; 315
»	0,622; 1,104	» »	314; 314

P. mol. teor. $I_2 = 253{,}9$.

Non si possono fare determinazioni a concentrazione più elevata, perchè la solubilità non è sufficiente.

Come si vede dai numeri, la nostra previsione si era avverata. La anomalia crioscopica è infatti fortissima e caratteristica. Lo jodio può dunque dare soluzioni solide, oltrechè col benzolo, anche coll'esaidrobenzolo o cicloesano. Ciò rende verosimile che tale curiosa proprietà sia legata alla struttura comune di queste due sostanze.

8) *Colorazione delle soluzioni solide.* — La colorazione delle soluzioni solide non presenta un grande interesse, finchè si tratta di colorazioni che siano comuni tanto allo stato cristallino quanto allo stato liquido o disciolto delle sostanze in questione. In tal caso, com'è ben noto per le miscele isomorfe di sali di cui uno o entrambi siano colorati, la colorazione dei cristalli misti è una funzione continua della composizione ed è intermedia a quella dei componenti.

Il problema acquista invece un grandissimo interesse quando una determinata colorazione è per uno dei componenti caratteristica dello stato disciolto e non si presenta più o è differente allo stato di solido puro.

Questo si verifica p. es. per i nitroso-derivati organici i quali, quando sono in soluzione (liquida) sono generalmente monomolecolari ed hanno una intensa colorazione verde-azzurra, mentre allo stato cristallino puro sono verosimilmente polimerizzati e sono bianchi od incolori [1].

Lobry de Bruyn e Jungius [2] osservarono ora che quando si eseguisce la già accennata trasformazione fotochimica della o.nitrobenzaldeide in acido o.nitrosobenzoico, esponendo alla luce la prima sostanza allo stato solido, i cristalli parzialmente trasformati si colorano in verde azzurro e poscia, quando la trasformazione ha maggiormente progredito, si scolorano totalmente. Essi emisero la ipotesi che il nitrosoacido resti in soluzione solida nella nitroaldeide e che tale soluzione solida abbia lo stesso colore delle soluzioni liquide del nitrosocomposto; quando la trasformazione è troppo progredita, la soluzione solida soprasatura si distrugge e rimangono i cristalli puri del nitrosoacido che sono, come si disse, incolori. Essi anche stabilirono il limite a cui la scolorazione avviene, che è a 2,6 % del nitrosoacido.

[1] Piloty, Berichte, *35*, 3090, 3093, 3101 (1902); Bamberger, Berichte, *33*, 3877 (1906); Brühl, Berichte, *31*, 1465 (1898): Alway u. Gortner, Amer. Chem. Journ., *32*, 400 (1904); ecc.

[2] Rec. trav. chim. Pays Bas, *22*, 298 (1903).

Io e Callegari (loc. cit.) stabilimmo che la capacità a dare cristalli misti è comune fra nitro- e nitroso-derivati corrispondenti, e questo su alcuni derivati semplici delle due serie: nitroso- in nitro-benzolo e p.nitroso- in p.nitro-toluolo. Su queste due coppie si eseguirono interessanti osservazioni di colorazione.

Del nitrosobenzolo si fecero due soluzioni liquide: l'una in benzolo, l'altra in nitrobenzolo; entrambe avevano una intensa colorazione verde-azzurro brillante. Furono raffreddate entrambe a 15° in modo da aversi la solidificazione totale. La soluzione in benzolo si era completamente scolorata: segno evidente questo, che accanto al benzolo solido si erano separati i cristalli incolori del nitrosobenzolo solido. La soluzione in nitrobenzolo era invece rimasta intensamente colorata in verde, e rimase tale anche prolungando il raffreddamento per molte ore; si erano dunque formate delle soluzioni solide che, al pari delle soluzioni liquide dei nitrosocomposti, sono colorate in verde.

La stessa esperienza di confronto fu eseguita pel p.nitrosotoluolo sciolto in nitrobenzolo e in p.nitrotoluolo. La soluzione liquida verde nel primo si scolorò subito per raffreddamento e solidificazione totale; quella nel p.nitrotoluolo, solidificando, rimase verde: e lasciata alla temperatura ordinaria (il p.nitrotoluolo fonde a 54°), conservava tale colore molti mesi dopo l'esperienza.

Queste osservazioni hanno importanza, anche perchè stanno a indicare che i nitrosocomposti sono, nelle soluzioni solide, allo stato monomolecolare come nei liquidi.

Osservazioni dello stesso genere furone poi fatte lo scorso anno da me assieme con Amadori su soluzioni di jodio, nel corso delle già citate ricerche.

Lo jodio ha notoriamente, in soluzione in solventi indifferenti, colorazioni che stanno fra il roseo ed il violetto, mentre allo stato solido esso ha aspetto grigio-metallico.

Si prepararono dunque quattro soluzioni, assai diluite, di jodio in bromoformio, bromuro di etilene, benzolo e cicloesano; i primi due sono solventi normali, gli altri due dànno soluzioni solide con lo jodio. Tutti e quattro congelano circa alla stessa temperatura (da + 5,5° a + 10°). Le quattro soluzioni furono raffreddate con ghiaccio e sale (— 20°), fino a provocare la solidificazione totale; poscia, per maggior sicurezza, con anidride carbonica e acetone.

Le soluzioni in bromoformio e bromuro d'etilene persero subito, come era da aspettarsi, la loro colorazione roseo-violetta, ed assunsero un aspetto grigio-opaco, dovuto evidentemente ai minutissimi cristallini dello jodio che si separano accanto ai cristalli incolori del solvente.

Invece le due soluzioni in benzolo e in cicloesano non si scolorarono affatto per la solidificazione della massa; questa conserva il suo aspetto omogeneo ed il colore roseo, e non si osserva alcuna separazione di particelle grigie di jodio. La colorazione si attenua di poco, ma rimane ben netta anche dopo molte ore di raffreddamento a — 80°. Resta così dimostrato che le soluzioni solide dello jodio in questi due solventi hanno la stessa tinta delle soluzioni liquide (1).

(1) Se si usano soluzioni più concentrate si ha anche qui separazione di jodio, oltrepassandosi il limite di saturazione delle soluzioni solide.

9) *Relazioni cristallografiche.* — Già van't Hoff aveva fatto rilevare le relazioni tra la formazione di soluzioni solide e l'isomorfismo cristallografico, additando come primo e più tipico esempio di soluzioni solide le miscele isomorfe già note fin dai tempi di Mitscherlich.

Era quindi naturale che si ricercassero le relazioni fra le forme cristalline delle sostanze che dànno fra loro soluzioni solide, per vedere se esistessero relazioni di isomorfismo o di morfotropia.

Realmente, prima Garelli e poi io, cercammo di associare dove era possibile la ricerca cristallografica a quella chimico-fisica; e numerose determinazioni e verifiche di forme cristalline furono eseguite, specialmente da Negri e da Boeris. Le indicazioni fornite da noi in base alle ricerche crioscopiche ed alle regole tràttene, condussero alla scoperta di nuovi casi di isomorfismo interessanti anche cristallograficamente.

Mi limiterò ai casi da me direttamente studiati. Che p.biclorobenzolo, p.clorobromobenzolo e p.bibromobenzolo fossero strettamente isomorfi, era facile prevedere, dati i rapporti che passano usualmente fra cloro- e bromo-derivati. Difatti, dopo che io avevo accertato la formazione di cristalli misti in tutti i rapporti, Boeris dimostrò che anche l'isomorfismo cristallografico è perfetto.

Il caso più interessante però, e certo uno dei più notevoli fra composti organici, è quello dell'isomorfismo tra azobenzolo e stilbene preveduto da me in base alle esperienze crioscopiche riferite al § 6, ed effettivamente stabilito da Boeris. Può considerarsi come un notevole successo dell'indirizzo da noi seguìto l'avere potuto scovare un caso di isomorfismo così perfetto, e che si manifesta anche nell'abito dei cristalli, fra due sostanze così diverse di funzione chimica.

A questo isomorfismo si associa intimamente l'altro, pure interessantissimo, fra dibenzile, stilbene, tolano, trovato dallo stesso Boeris in seguito alle analoghe ricerche riferite pure al § 6.

Un altro caso pure assai interessante è quello dell'isomorfismo fra p.nitrosodietilanilina e p.nitrodietilanilina, stabilito da Jäger (1), dappoichè io avevo stabilito la loro grande capacità a dare soluzioni solide.

In varî altri casi si riscontrarono relazioni morfotropiche strette; in molti altri, però, completa differenza di forma cristallina. Come si possono interpretare questi ultimi e, certo, numerosissimi casi? Io ho spesso sostenuto che la cosa più ragionevole è di ammettere che nella massima parte dei casi si tratti di fenomeni di isopolimorfismo: che, cioè, uno dei due componenti obblighi l'altro a cristallizzare nella sua forma. In moltissimi casi dovrebbe trattarsi di un isodimorfismo limitatissimo in cui l'adattamento di una delle sue sostanze alla forma cristallina dell'altra ha luogo solo entro limiti assai ristretti di concentrazione.

Questa idea ha guadagnato in verosimiglianza dopo che dagli studî di Lehmann, di Tammann e di altri autori abbiamo imparato quale enorme diffusione abbiano i fenomeni di polimorfismo. Dato questo, il trovare con misure cristallografiche che una sostanza ha forma cristallina diversa da un'altra non può avere alcun valore decisivo in senso negativo.

(1) Z. Kryst. u. Min., *42*, 249 (1906).

Certo, una relazione sicura fra il grado di somiglianza di forma cristallina e la capacità di dare cristalli misti entro limiti più o meno larghi, non è trovata ancora e non si troverà molto presto; troppi elementi ci sfuggono ancora per ciò. Delle difficoltà possiamo renderci conto ora che sappiamo quanto influisca per esempio la temperatura sulla miscibilità allo stato solido di due sostanze date. Di ciò e del valore relativo dei metodi termici e cristallografici e delle loro conclusioni, sarà parola in un capitolo successivo.

Bodländer ([1]) sostenne che nella massima parte dei casi le soluzioni solide realizzate per via crioscopica fossero da attribuirsi a fenomeni di assorbimento superficiale (Adsorption), anzichè a formazione di cristalli misti omogenei come nelle miscele isomorfe. Egli, seguendo una idea già espressa da Küster ([2]) sosteneva dunque doversi distinguere le soluzioni solide dalle miscele isomorfe.

Oltre che per altre ragioni che verranno qui appresso dopo, queste vedute erano inaccettabili, come io ho dimostrato subito dopo ([3]), anche solo per considerazioni puramente chimiche. Che, come voleva Bodländer, la formazione di soluzioni solide fra bicloruro, clorobromuro e bibromuro d'etilene fosse dovuta ad assorbimento superficiale, e quella invece fra bicloro-, clorobromo- e bibromo-benzolo a isomorfismo; che parimenti fra benzolo e fenolo la si debba ad assorbimento, e fra naftalina e β-naftolo a isomorfismo; che infine fra benzolo e pirrolo e fra naftalina e indolo si tratti di assorbimento, e tra fenantrene e carbazolo di nuovo di isomorfismo, è tale assurdo che nessun chimico può sottoscrivere. Che nei casi prima nominati la capacità a dar soluzioni solide sia maggiore che non negli ultimi, si spiega agevolmente col fatto che la parte della molecola comune ai corpi della stessa coppia è maggiore nei primi che non negli ultimi, ciò che, in genere, aumenta la solubilità allo stato solido.

10) *Applicazioni alla scelta della formola di costituzione di composti organici.* — Poichè la formazione di soluzioni solide, come la somiglianza di forma cristallina, è determinata in generale da relazioni di costituzione e configurazione chimica, e poichè intorno a queste relazioni è possibile enunciare regole abbastanza generali, è naturale che si possa pensare ad applicare, per la scelta della formola di struttura di corpi organici, la presenza o l'assenza di soluzioni solide.

Dico, beninteso, *scelta* e non *determinazione*, poichè a nessuno potrebbe venire in mente di determinare a caso vergine la costituzione di una sostanza in base a semplici esperienze di questa natura. Che però, quando per una sostanza si sia incerti fra due o tre formole di struttura, la formazione o meno di soluzioni solide con una sostanza di costituzione nota possa fornire un elemento utile per la scelta o la esclusione di una di dette formole, è cosa evidente. In altre parole, la capacità a dare soluzioni solide può esercitare qui la stessa funzione che l'isomorfismo classico esercitò nella sistematica dei composti inorganici.

Accennerò solo di volo alle applicazioni tentate da Garelli, per dire che egli giunse per la granatanina, la tropanina e la nicotina, a conclusioni che sono in ac-

([1]) Z. ph. Ch., *21*, 113 (1896); Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal., B. B. XII, 52 (1898); Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. 1899, II, 1.

([2]) Z. ph. Ch., *5*, 601 (1890); *8*, 584 (1891); *12*, 508 (1893); *13*, 446 (1894); *16*, 525 (1895); *17*, 357 (1895).

([3]) Bruni e Gorni, *10*; Bruni, *11*.

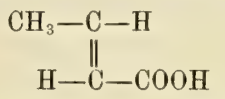
cordo con quelle tratte per via chimica da Ciamician e Silber, da Willstätter e da Pinner e A. Pictet.

Quanto ai casi trattati da me, dirò anzitutto che io dalla formazione di soluzioni solide fra p.nitroso- e p.nitro-dimetilanilina (loc. cit.) conclusi che allo stato cristallino la prima sostanza possiede la struttura di un vero nitrosoderivato e non quella tautomera chinonica. Allo stesso risultato era giunto frattanto Velardi (1) nel laboratorio del prof. Angeli.

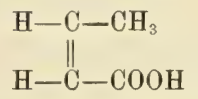
Aggiungerò che le strette analogie, messe così bene in rilievo da Angeli (2), fra le aldeidi e i veri nitrosoderivati ed i rispettivi prodotti di condensazione stanno perfettamente in accordo colle relazioni da me trovate (§ 6) fra le sostanze contenenti i gruppi $-CH=$ e $-N=$: p. es., fra etere ftalaldeidico e nitrosobenzoico, fra benzilidenanilina e azobenzolo, fra N.fenilbenzaldossima e azossibenzolo. Basta infatti riflettere che i composti delle due ultime coppie altro non sono che i prodotti di condensazione, i primi della benzaldeide, e i secondi del nitrosobenzolo, rispettivamente coll'anilina e colla fenilidrossilammina.

Delle relazioni trovate da me fra i composti saturi e i non saturi corrispondenti, disse van't Hoff (3) che esse « eine Beleuchtung der stereochemischen Verhältnisse in Aussicht stellen ». Se noi consideriamo le relazioni stesse già esposte nel § 6, vedremo che i composti a doppio legame che dànno soluzioni solide coi corrispondenti corpi saturi, hanno tutti punto di fusione più elevato, minore solubilità, e sono più stabili dei rispettivi isomeri che non dànno cristalli misti. Siccome fra i primi si trova l'etere fumarico e fra i secondi l'etere maleico, è razionale che ai composti della prima serie si attribuisca la forma fumaroide e a quelli della seconda la forma malenoide.

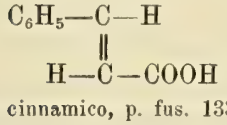
Si dovrebbero adunque assegnare le seguenti configurazioni:



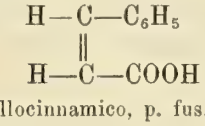
ac. crotonico, p. fus. 72°



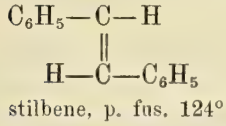
ac. isocrotonico liquido



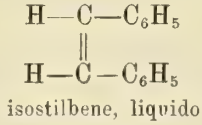
ac cinnamico, p. fus. 133°



ac. allocinnamico, p. fus. 69°

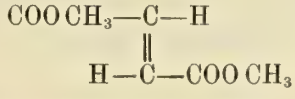


stilbene, p. fus. 124°

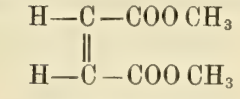


isostilbene, liquido

per la analogia con quelle ben note:



etere fumarico, p. fus. 102°



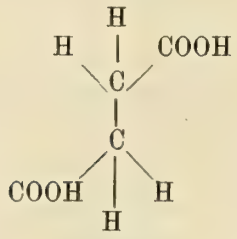
etere maleico, liquido

(1) Gazz. Chim. ital., *34*, II, 66 (1904).

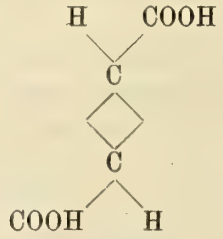
(2) Gazz. Chim. ital., *27*, II, 362 (1897), e altri lavori.

(3) Ahrens Sammlung, V, 1900, pag. 29.

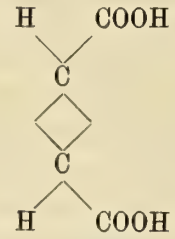
Che i corpi fumaroidi, e non i malenoidi, diano cristalli misti coi rispettivi composti saturi, è spiegabile ammettendo, ciò che è in accordo con le vedute generalmente accettate, che la favorita e più stabile forma dei composti saturi sia quella in cui gli atomi o radicali aventi lo stesso carattere (p. es. i due carbossili) siano il più lontano possibile:



ac. succinico



ac. fumarico



ac. maleico

Ammesso questo, si vede come la configurazione favorita dell'acido succinico assomigli assai più a quella del fumarico che non a quella del maleico.

Per gli stilbeni (due gruppi fenilici) e per gli acidi cinnamici (in cui il gruppo fenilico e il carbossilico hanno entrambi carattere negativo), la considerazione appare assai convincente. Per gli acidi crotonici può invero presentarsi una obbiezione, che mi fu affacciata dieci anni fa, in una conversazione amichevole, dallo stesso van't Hoff. Infatti può ritenersi certo che all'acido crotonico solido spetti la formola corrispondente a quella favorita dell'acido butirrico: ma in questo caso non è altrettanto sicuro, come nei casi precedenti, che questa sia quella in cui i gruppi carbossile e metile sono il più lontano possibile, date le spiccate proprietà positive del gruppo metilico. Da questo lato potrebbe restare qualche incertezza. Ponendo però i risultati delle mie esperienze coll'insieme delle proprietà fisiche e colle considerazioni, che saranno citate subito dopo, di Pfeiffer, si può concludere che siano da tenersi per gli acidi crotonici le formole sopra segnate.

Queste conclusioni trassi già nella mia prima memoria con Gorni dodici anni or sono, e le riconfermai nel 1904, nonostante che — come facevo notare (1) — allora la maggior parte degli autori e dei trattatisti ammettesse per gli acidi crotonici e cinnamici e per gli stilbeni il contrario di ciò che io sostenevo (2).

Le suddette conclusioni trovarono poi un appoggio in considerazioni stereochimiche teoriche esposte nel 1904 da Pfeiffer (3), per le quali egli giunse, per i corpi suindicati, alle stesse formole date da me. Senza entrare in particolari, dirò che Pfeiffer attribuisce ai composti acetilenici una configurazione assai più vicina a quella *trans* che non a quella *cis* dei corrispondenti etilenici, ciò che sta di accordo col fatto trovato da me, che esse dànno soluzioni solide coi corpi saturi e coi fumaroidi.

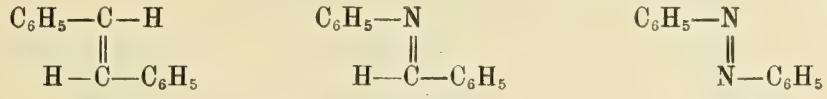
(1) Bruni, *28*, pag. 630.

(2) Richter-Anschütz, 10ª ediz., I, 323; 9ª ediz., II, 454; Meyer-Jacobson, 1ª ediz., I, 500; II, 1, 613; II, 2, 196; Beilstein, I, 506, 509; II, 1404, 1422; Erg. I, 189, 190.

(3) Z. ph. Ch. *48*, 40 (1904).

Le nostre vedute furono accettate da alcuni dei migliori recenti trattati di stereochimica (1); e nelle ultime edizioni di taluni dei più autorevoli trattati di chimica organica (2) sono state abbandonate le già citate opinioni contrarie alle nostre e si ammette ora che la questione è ancora aperta. Anzi lo Jacobson, nella seconda edizione del già citato trattato, riferisce le mie esperienze ammettendo che esse potranno favorire la trattazione di questioni di configurazione (3).

Siccome poi lo stilbene è isomorfo coll'azobenzolo, e questo dà soluzioni solide colla benzilidenanilina, così queste due ultime sostanze avranno formole nello spazio corrispondenti a quella dello stilbene, e cioè *trans* o *anti*.



stilbene | benzilidenanilina | azobenzolo

Che simili stereoisomerie possano esistere nei composti azotati, è noto da lungo tempo per le ossime e per i diazoderivati. Per la benzilidenanilina e per l'azobenzolo gli isomeri *cis* o *sin* non erano noti fino a poco tempo fa, ma io previdi già nel 1900 la possibilità della loro esistenza.

La previsione è stata recentemente verificata, poichè è riuscito a C. e R. Gortner (4) di preparare la forma stereoisomera labile dell'azobenzolo, che fonde, come era prevedibile, a temperatura più bassa dell'altra (25° invece di 69°), ed a cui anch'essi attribuiscono la configurazione *sin*.

II.

Verifica quantitativa della teoria delle soluzioni solide.

11) *Il coefficiente di ripartizione secondo la teoria di van't Hoff e l'equazione di Beckmann.* — Fu già detto come il grado di anomalia, ossia il rapporto $\gamma = \frac{\Delta_{teor.}}{\Delta_{trov.}} = \frac{M_{trov.}}{M_{teor.}}$, possa essere preso quale misura della maggiore o minore tendenza a dare soluzioni solide. Gia nella sua prima memoria fondamentale van't Hoff mostrò infatti, mediante una semplice rappresentazione grafica, come si possa prevedere la maggiore o minore intensità delle anomalie crioscopiche dalla concentrazione relativa delle due soluzioni solida e liquida.

(1) Werner, Lehrbuch der Stereochemie, pag. 183 (1904); Stewart, Stereochemistry, 193-194, 492, 495 (1907).

(2) Meyer Jacobson, 2ª ediz., I, 1, 1958; Richter-Anschütz, 11ª ediz., I, 328.

(3) Loc. cit., pag. 813.

(4) Journ. Am. Chem. Soc., *32*, 1294 (1910).

Ammettendo infatti che la sostanza disciolta abbassi la tensione di vapore del solvente solido come del liquido, si vede facilmente come la formazione di soluzioni solide produca abbassamenti del punto di congelamento minori dei normali: e tanto minori, quanto maggiori sono le concentrazioni delle soluzioni solide. Quando queste oltrepassino un certo limite, si deve anzi prevedere un innalzamento del punto di congelamento: fatto, codesto, confermato poi dall'esperienza.

Beckmann e Stock [1] proposero di applicare a questi fenomeni la stessa equazione da essi adoperata per altri fatti analoghi, ossia per la ebullioscopia di soluzioni in cui la tensione di vapore dello sciolto non è molto diversa da quella del solvente. La equazione venne data da loro nella forma seguente:

$$m = \frac{C_l - C_s}{\Delta} k ,$$

dove m è il peso molecolare teorico della sostanza; C_s e C_l sono le concentrazioni delle due soluzioni solida e liquida; Δ l'abbassamento crioscopico effettivamente osservato e k la depressione molecolare del solvente $= 0{,}02 \frac{T^2}{W}$. Con questa equazione possono calcolarsi i pesi molecolari delle sostanze sciolte, anche quando si ha formazione di soluzioni solide, purchè si conosca anche la concentrazione della soluzione solida separata, oppure si possano correggere i pesi molecolari apparenti calcolati colla solita formola di Raoult, ponendo allora l'equazione stessa nella forma:

$$m_{teor.} = m_{trov.}(1 - \alpha) , \quad \text{dove è} \quad \alpha = \frac{C_s}{C_l} \ [2].$$

Io ho mostrato altrove [3] che tale equazione può anche dedursi graficamente per mezzo della rappresentazione di van't Hoff, supponendo che la stessa concentrazione produca lo stesso abbassamento della tensione di vapore in entrambe le soluzioni liquida e solida.

Il verificare l'applicabilità di tale teoria equivale a ricercare l'esattezza della teoria delle soluzioni solide anche nelle sue ultime conseguenze, e doveva quindi apparire di grande importanza. A tale scopo è comodo mettere l'equazione di Beckmann sotto l'altra forma equivalente: $\alpha = 1 - \frac{\Delta_{trov.}}{\Delta_{teor.}}$, che permette di calcolare il coefficiente di ripartizione dalle determinazioni crioscopiche e di porlo a confronto con quello direttamente ottenuto dalle misure analitiche quantitative.

12) *Metodo di van Bijlert. Calcolo dei risultati.* — Tutte le determinazioni quantitative che servirono alla voluta verifica furono compiute servendoci del metodo proposto da van Bijlert (loc. cit.), del cui principio fondamentale fu già detto brevemente.

(1) Z. ph. Ch., *17*, 107 (1895).

(2) Fra il coefficiente di ripartizione α e il grado di anomalia γ passa la semplice relazione: $\alpha = 1 - \frac{1}{\gamma}$; ossia, al crescere di γ, cresce α, e viceversa.

(3) Bruni *15*, pag. 422

Si tratta di introdurre una seconda sostanza disciolta che dia abbassamenti normali, e di dedurre dalla quantità di questa la quantità di acqua madre rimasta aderente ai cristalli, dalla quale si può calcolare la composizione esatta della soluzione separata. L'applicazione pratica di questo metodo, pur teoricamente così semplice, presenta difficoltà notevoli e richiede varie precauzioni.

Le difficoltà derivano anzitutto dal dover trovare sostanze che si prestino a separazioni e determinazioni analitiche esatte, mentre, fra le sostanze organiche, poche sono che soddisfino a queste condizioni. Preferibile è di poter dosare quantitativamente le due sostanze disciolte; in qualche caso, per necessità, si dovette ricorrere a determinare il solvente e una delle due sostanze sciolte e a calcolare la seconda per differenza; procedimento che, quando i metodi analitici impiegati non siano molto esatti, può condurre ad errori gravi e lasciare una notevole incertezza nei risultati.

Naturalmente, prima dell'esperienza, bisogna fare apposite determinazioni crioscopiche per accertarsi che la sostanza è veramente normale e che lo è anche in presenza della sostanza per cui si vuol stabilire la formazione di cristalli misti. Infine bisogna che la massa cristallina rappresenti solo una parte non troppo grande della massa totale della soluzione.

Resta ora da vedere come debbano esser calcolati i risultati: sulla quale questione, per quanto apparentemente semplice, non mancarono le discussioni.

Alle sue prime determinazioni che avevano, come già si disse, carattere piuttosto qualitativo, Garelli (loc. cit.) applicò un metodo di calcolo approssimativo, ma sufficiente per lo scopo che egli si proponeva, che era solo di stabilire la presenza della sostanza nei cristalli separati.

Di questo metodo di calcolo Bodländer [1] fece una critica che, per quanto fuor di luogo per la ragione suddetta, era in fondo esatta; e propose un modo di procedere che, salva una modificazione di cui sarà detto subito dopo, è quello che fu poi adoperato da me.

Si abbia la soluzione di due sostanze: A, di cui si vuol stabilire se forma cristalli misti, e B corpo normale; e sia C_0 la concentrazione iniziale di A nella soluzione liquida. Si lasci separare una certa quantità di massa cristallina e la si analizzi determinando la quantità di A e di B in essa contenuta. Dalla quantità di B si calcolano le quantità corrispondenti di A e del solvente che si possono quindi ritenere contenute nell'acqua madre e si sottraggono dalle quantità totali trovate nella massa separata; il residuo darà la composizione vera dei cristalli misti da cui si calcola C_s, concentrazione di A nella soluzione solida.

Resta ora da sapere come si calcola il coefficiente di ripartizione $a = \frac{C_s}{C_l}$, ossia che valore si prenda per C_l. Garelli prendeva C_0, concentrazione iniziale; ciò che può bastare in una prima approssimazione, ma che non è rigoroso. Bodländer proponeva invece di porre C_1 concentrazione finale della soluzione liquida; ciò sarebbe teoricamente esatto, perchè alla fine dell'operazione i cristalli misti sono in equilibrio coll'acqua madre. Bisognerebbe però allora ammettere che durante la separazione si

[1] Z. ph. Ch. *21*, 378 (1896).

sposti continuamente la composizione dei cristalli misti per mantenere l'equilibrio col liquido; le esperienze più recenti, anche eseguite su leghe metalliche e cioè a temperature elevate a cui gli equilibrî si stabiliscono assai più presto, dimostrano che in realtà ciò non accade se non lentamente ed incompletamente; si può quindi ritenere che nelle nostre condizioni di esperienza, a bassa temperatura e operando rapidamente, questo spostamento di equilibrio praticamente non si compia. Allora i primi strati cristallini separati saranno stati in equilibrio colla soluzione iniziale, e gli ultimi colla soluzione finale o acqua madre. Io proposi perciò [1] di prendere per C_l il valore medio fra C_0 e C_1 e credo che tale procedimento sia più corrispondente alle condizioni reali dell'esperienza.

13) *Risultati delle esperienze di altri autori.* — Le prime esperienze di van Bijlert (loc. cit.) non poterono, come già si disse, essere utilizzate, avendo egli usato come sostanza normale in benzolo lo jodio, che invece dà esso stesso soluzioni solide.

Le determinazioni di Garelli e Ferratini (loc. cit.) ebbero piuttosto carattere qualitativo per accertare la formazione di cristalli misti, e non si prestavano pertanto ad un calcolo un po' esatto.

Esatta invece, quanto ai metodi analitici usati, fu la ricerca di Garelli sulla coppia fenolo in benzolo; ma essa pure non permise una verifica esatta della teoria, perchè in essa, tolta l'anomalia per soluzione solida, rimaneva quella per associazione che non era possibile valutare numericamente.

Come ho già detto, io però mostrai che, correggendo colla formola di Beckmann i pesi molecolari trovati per via crioscopica, introducendo cioè i coefficienti di ripartizione trovati direttamente da Garelli, si riduce l'anomalia alla stessa misura che il fenolo mostra in altri idrocarburi col metodo crioscopico, e nel benzolo stesso con quello ebullioscopico, nei quali casi si ha la sola anomalia per associazione. Ciò permette di concludere che anche in questo, come nei casi che verranno studiati subito dopo, la teoria si verifichi completamente.

Di casi che si prestino ad un calcolo abbastanza preciso, e quindi ad una verifica quantitativa della teoria, se ne conoscono cinque, di cui due sperimentati da Beckmann, due sùbito dopo da me, ed uno, assai più recentemente, da Mascarelli.

Beckmann [2] studiò le coppie: jodio in benzolo e tiofene pure in benzolo. Riassumo brevemente i suoi risultati:

Jodio in benzolo:

α - calcolato dalle determinazioni crioscopiche:

0,325; 0,33; 0,325; 0,335; media 0,33.

α - determinato direttamente per via analitica:

0,34; 0,36; 0,38; media 0,36.

[1] Bruni, *2.*

[2] Z. ph. Ch. *17,* 120 (1895); *22,* 612 (1897).

Tiofene in benzolo:

α - calcolato dalle determinazioni crioscopiche:

0,405; 0,405; 0,405; 0,41; media 0,405

α - determinato direttamente per via analitica:

0,395; 0,435; 0,45; 0,44; 0,415; 0,415; 0,39; media 0,42.

Mascarelli [1] sperimentò invece su soluzioni di piperidina in cicloesano:

α - calcolato dalle determinazioni crioscopiche:

0,915; 0,91; 0,91; 0,905; media 0,91

α - determinato direttamente per via analitica:

0,90; 0,90; 0,86; media 0,89.

14. *Risultati delle mie esperienze* [2]. — Le mie ricerche riguardano i sistemi: piperidina in benzolo, jodoformio in bromoformio. I risultati sono i seguenti:

Piperidina in benzolo — Determinazioni crioscopiche

C_1	Δ	Depress. molec. trovata	α calc.
0,246	0°,133	45,9	0,135
0,509	0, 285	47,6	0,11
0,725	0, 408	49,0	0,08
1,212	0, 695	48,8	0,08
2,943	1, 678	48,5	0,09
3,765	2, 14	48,3	0,09
4,623	2, 60	47,8	0,10
6,952	3, 82	46,7	0,12

(K normale = 51) media = 0,10

Determinazioni analitiche dirette

C_1	C_s	α trovato
0,553	0,072	0,13
1,37	0,155	0,11
1,43	0,172	0,12
2,50	0,216	0,09
3,21	0,313	0,10
4,20	0,499	0,12
4,68	0,615	0,13

media = 0,115

(1) Gazz. Chim. Ital. *40*, I, 31 (1910).

(2) Bruni *3* e *4*.

Jodoformio in bromoformio — Determinazioni crioscopiche

C_1	Δ	Depress. molec. trov.	α calc.
0,221	0,053°	94,3	0,355
0,427	0,103	95,1	0,34
0,544	0,135	97,7	0,32
0,828	0,198	94,2	0,345
1,487	0,355	94,1	0,35
1,744	0,425	96,0	0,355
3,491	0,82	92,5	0,36

(K normale = 144); media = 0,345

Determinazioni analitiche dirette

C_1	C_s	α trovato
1,972	0,685	0,35
2,203	0,805	0,37

media = 0,36.

Come si vede, la concordanza fra i valori calcolati e i trovati è, tanto nelle mie esperienze quanto in quelle di Beckmann e di Mascarelli, veramente soddisfacente ed anche migliore di quanto potesse aspettarsi, data la non grandissima sensibilità dei metodi analitici.

Specialmente interessante è l'ultimo caso studiato da Mascarelli; e per più ragioni. Anzitutto, perchè è l'unico in cui α abbia un valore di poco inferiore a 1, nel quale cioè le soluzioni solide raggiungono concentrazioni così elevate e quasi identiche a quelle delle soluzioni liquide. Secondariamente, perchè esso dimostra come l'anomalia, lieve quando si scioglie la piperidina (nucleo esaidrogenato) nel benzolo (nucleo aromatico), si riproduca, enormemente ingrandita, allorquando dal benzolo si passi al suo derivato esaidrogenato, il cicloesano. Ciò sta nel miglior accordo colle mie esperienze e con tutto lo spirito delle regolarità da noi trovate.

In complesso si può dire che tali esperienze rappresentano la conferma più brillante che abbia avuto la teoria delle soluzioni solide, anche nella sua forma più completa.

Da esse risulta che il coefficiente di ripartizione rimane costante entro i limiti degli errori di osservazione, almeno fino a che si rimane in soluzioni non troppo concentrate.

Del resto ho già notato ripetutamente che non è lecito invocare differenze anche considerevoli nel valore del coefficiente di ripartizione, quando esse si verificano in soluzioni troppo concentrate; sia perchè la teoria di van 't Hoff può valere solo per le soluzioni diluite, sia anche perchè intervalli di concentrazione troppo grandi portano troppo grandi differenze della temperatura di congelamento, mentre la costanza del coefficiente di ripartizione può valere solo per una temperatura determinata e costante, o per condizioni che da questa non si allontanino troppo.

15) *Peso molecolare delle sostanze in soluzione solida.* — Venne or ora fatto rilevare come il coefficiente di ripartizione della sostanza sciolta tra le due soluzioni, liquida e solida, rimanga in generale praticamente costante anche per variazioni abbastanza forti di concentrazione. Che ciò accada, non solo nei casi in cui si eseguirono misure dirette di α, ma anche in quasi tutti quelli in cui si osservò la sola anomalia crioscopica, risulta dal fatto, già rilevato, che il grado di anomalia rimane praticamente costante col crescere della concentrazione.

Ora la costanza del coefficiente di ripartizione di una sostanza fra due fasi diverse costituisce una prova della uguaglianza della grandezza molecolare nelle due fasi medesime. Si deve dunque concludere che le sostanze sperimentate hanno, allo stato di soluzione solida, lo stesso peso molecolare che in quello di soluzione liquida: e cioè sono, in genere, monomolecolari.

Con questa conclusione sono ancora d'accordo i risultati di misure interessantissime di A. Speranski [1] che costituiscono, si può dire, l'unica determinazione diretta in questo campo. Questo autore misurò l'abbassamento della tensione di vapore di sostanze organiche per la presenza di altre sostanze in soluzione solida, e calcolò il peso molecolare di queste ultime colla nota formola di Raoult. Così per il p.bibromobenzolo in p.biclorobenzolo trovò valori praticamente coincidenti col peso molecolare semplice; pel β-naftolo in naftalina, invece, ebbe numeri compresi fra questo e il doppio. Si concluderebbe, così, che in questo secondo caso si abbia anche in soluzione solida l'associazione parziale che è caratteristica pei fenoli sciolti in idrocarburi.

Il parallelismo fra soluzioni solide e liquide si estenderebbe fino a questo punto. Rammento che, come fece osservare Bodländer (loc. cit.), anche la diminuzione del coefficiente di ripartizione del fenolo in benzolo, trovata analiticamente da Garelli, può essere interpretata nel senso che il fenolo sia associato anche in soluzione solida, come nella liquida, in benzolo.

Con le conclusioni sopra esposte sono infine in accordo i risultati delle mie osservazioni circa il colore di certe soluzioni solide (§ 8). Poichè i nitrosoderivati sono verdi nelle loro soluzioni solide come nelle liquide, e tale colore è proprio dello stato monomolecolare di quei corpi, si deve ritenere che essi sono allo stato di molecole semplici anche nelle soluzioni solide.

Poichè lo jodio nelle soluzioni solide in benzolo e in cicloesano ha un colore roseo-violetto simile a quello delle soluzioni liquide, è lecito concludere che così in quelle come in queste si trovi allo stato di molecole biatomiche.

I risultati delle ricerche sulle soluzioni solide costituiscono così il principale contributo alla conoscenza dello stato molecolare dei corpi allo stato solido cristallino, questione assai dibattuta da fisico-chimici e cristallografi.

Ben inteso, dal fatto che le sostanze sono in genere monomolecolari in soluzione solida, non si può concludere che esse si trovino anche come molecole semplici allo stato di solidi cristallini puri; allo stesso modo che dal peso molecolare delle soluzioni liquide non si può direttamente dedurre quello allo stato di liquido puro. Per analogia si possono però trarre supposizioni non prive di valore.

[1] Z. ph. Ch. *46*, 70, (1903); *51*, 45, (1905).

Dalle esperienze di Eötvös [1] e di Ramsay e Shields [2] sulle tensioni superficiali, sappiamo che molti corpi organici hanno, allo stato di liquidi puri, peso molecolare semplice. Per essi il passaggio allo stato di soluzioni in un altro corpo che faccia da solvente non porta alcun cambiamento nello stato molecolare. Altri corpi, come l'acqua ed altri ossidrilati, sono invece associati in molecole doppie, triple ecc.; in soluzione concentrata in solventi indifferenti i complessi rimangono parzialmente conservati: in soluzione molto diluita però si tende quasi sempre alla dissociazione completa in molecole semplici [3].

Gli stessi fenomeni accadranno probabilmente per la maggior parte dei corpi solidi nel loro passaggio dallo stato di cristalli puri a quello di soluzioni solide, secondo la loro natura chimica. Che un fenomeno paragonabile a quello dell'acqua e dei corpi ossidrilati accada pei nitrosocomposti, è provato dalle variazioni di colore già studiate. Il nitrosobenzolo, dallo stato cristallino puro incoloro (associato), passa a quello di soluzione solida verde (monomolecolare).

Ad ogni modo, questo ordine di studî conduce ad abbandonare la concezione, assai diffusa un tempo, e tuttora sostenuta da qualche cristallografo, che lo stato cristallino sia caratterizzato da una enorme aggregazione o condensazione molecolare, superiore, anche come ordine di grandezza, a quello degli altri stati.

III.

Applicazione dei principii della termodinamica e della teoria delle fasi alle soluzioni solide.

16). *Storia. Solubilità e crioidrati nelle soluzioni miste di sostanze isomorfe.* — La teoria delle soluzioni solide di van't Hoff non riguarda, come la sua teoria delle soluzioni in genere se non le sole soluzioni diluite. Evidentemente, è interessante studiare il comportamento delle miscele cristalline omogenee in tutto il loro campo di esistenza: indagare cioè le leggi della formazione dei cristalli misti da altre fasi contenenti i loro componenti in qualsiasi rapporto. A tale scopo doveva prestarsi mirabilmente la teoria delle fasi di Willard Gibbs; e le prime applicazioni a questo soggetto, come a tanti altri problemi chimico-fisici, si devono a Bakhuis Roozeboom.

Le prime ricerche in questo indirizzo, come già le prime osservazioni sui cristalli misti, si riferiscono a sistemi ternarî, in cui due sostanze isomorfe sono sciolte in una terza che funziona da solvente, e principalmente al caso di due sali isomorfi sciolti in acqua.

Già Rüdorff [4] aveva osservato che, mentre per certe coppie di sali si può preparare una soluzione che sia satura rispetto ad entrambi e tale che la sua composi-

(1) Wied. Ann. *27*, 452.
(2) Z. ph. Ch. *12*, 433, (1893).
(3) Bruni e Amadori, *34*.
(4) Pogg. Ann. *148*, 460 e 475 (1873).

zione non possa più esser variata per l'aggiunta di qualsiasi eccesso di uno dei due sali solidi che trovansi al fondo, per altre coppie invece questo non è possibile. In questi ultimi casi, l'aggiunta di un nuovo eccesso di uno dei due corpi di fondo fa variare la composizione della soluzione.

La teoria di questi fenomeni si deve, come fu già detto, a Bakhuis Roozeboom (1). Le coppie del primo tipo sono quelle che non dànno luogo a cristalli misti o che lo fanno solo fino a certi limiti, dando luogo a due soluzioni solide reciprocamente sature; quelle del secondo tipo sono coppie che dànno origine a miscele isomorfe in tutte le proporzioni.

Roozeboom mostrò la causa di questo diverso modo di comportarsi, la quale risiede, come oggi è notissimo, nel fatto che nelle prime si può avere un sistema con quattro fasi (due corpi solidi, la soluzione ed il vapore), ossia $n + 1$ fasi, essendo n il numero dei componenti indipendenti. Questo caso è quello dell'equilibrio eterogeneo completo, il quale, per una data temperatura costante, corrisponde ad un solo valore della concentrazione.

Nelle coppie del secondo tipo invece, avendosi cristalli misti in tutti i rapporti, viene a sparire la possibilità di avere due distinte fasi solide, e il numero totale delle fasi non può mai superare n; l'equilibrio eterogeneo rimane quindi sempre incompleto, e la composizione della soluzione liquida varia continuamente col variare della fase solida omogenea.

Queste ricerche non ebbero, per allora, grande estensione. Nella mia tesi di laurea eseguita nel 1896 nel laboratorio di Parma, *Sui crioidrati* (2), io mi occupai di un problema strettamente connesso con quello sopra esposto, e cioè dei fenomeni crioidratici nelle soluzioni miste di due sali isomorfi. La ricerca costituisce una estensione di quelle di Schreinemakers (3) sui crioidrati delle miscele saline; si fonda sulla teoria delle fasi, di cui costituisce, credo, la prima applicazione fatta in Italia.

Io non avevo allora a mia disposizione la collezione della Zeitschr. f. physikal. Chemie, di cui non avevo potuto consultare se non qualche volume avuto a prestito; e non ero così venuto a conoscenza del lavoro di Roozeboom. Tuttavia, e nonostante qualche ingenuità comprensibile nel lavoro di un principiante, le conclusioni a cui io giunsi erano, nelle linee generali, completamente corrette.

Io faceva infatti notare come nel caso della miscibilità in tutti i rapporti scompare la curva di saturazione rispetto ad entrambi i sali, scompaiono poi le due crioidratiche relative ai singoli sali ed il punto crioidratico triplo. Subentrano loro una superficie continua di solubilità ed una curva crioidratica unica continua, lungo la quale si separano ghiaccio e miscele isomorfe di composizione variabile.

Concludevo quindi che alla regola prima di Schreinemakers era da fare una eccezione per il caso di due sali isomorfi, per cui enunciavo la regola seguente: « Le temperature crioidratiche delle soluzioni in equilibrio con due sali perfettamente isomorfi variano in modo continuo fra le temperature crioidratiche delle soluzioni dei singoli sali prese come valori limiti ».

(1) Z. ph. Ch. *8*, 504, (1891).
(2) Bruni, *1*.
(3) Z. ph. Ch. *11*, 75, (1893); *12*, 73 (1893).

La sola lacuna nelle mie considerazioni consisteva nel non aver immaginato la possibilità che questa curva continua potesse presentare un punto di minimo o di massimo. Ciò non deve far meraviglia, poichè di curve di tal genere non si aveva allora alcun esempio ben studiato, nemmeno fra curve di congelamento; e, del resto, fra le crioidratiche credo che non se ne abbia esempio nemmeno oggi.

Io illustrai le mie conclusioni con esperienze sui crioidrati delle miscele di $MgSO_4 . 7H_2O$ e $ZnSO_4 . 7H_2O$. Tale illustrazione sperimentale era veramente incompleta, non essendo state analizzate le singole soluzioni; ma per indicare l'andamento generale del fenomeno era sufficiente.

17). *Curve di congelamento delle miscele binarie. Lavori di Küster sulle miscele isomorfe.* — All'epoca in cui io cominciai ad occuparmi di questi soggetti, le nostre cognizioni sulle curve di congelamento complete delle miscele binarie erano assai manchevoli. Nella mia già ricordata tesi di laurea si trova citata in modo abbastanza completo la letteratura anteriore sull'argomento.

Per ciò che riguarda le soluzioni solide, le sole conoscenze che si avevano derivavano da una serie di lavori di F. W. Küster [1], che aveva studiato le curve complete di solidificazione di varie coppie di sostanze organiche che davano cristalli misti in tutti i rapporti, ed a cui spetta indubbiamente il merito di avere pel primo richiamato l'attenzione su questo lato del problema.

Küster era giunto a questa conclusione: che la curva di solidificazione delle miscele di due sostanze perfettamente isomorfe doveva essere la retta che unisce i punti di congelamento dei due componenti. Veramente, nelle sue determinazioni sperimentali egli aveva trovato in parecchi casi deviazioni notevoli a questa sua pretesa legge, ma egli le attribuiva all'incompleto isoformismo delle due sostanze.

Una seconda conclusione aveva tratto Küster, e cioè che nei casi di isomorfismo perfetto la solidificazione della massa dovrebbe essere « omogenea », ossia i cristalli misti separati dovrebbero avere la stessa composizione della miscela fusa e, per conseguenza, la temperatura dovrebbe restar costante durante tutta la solidificazione.

Di tali regole, qualora fossero esatte, la prima potrebbe condurre, in certi casi, a risultati che si trovano in contraddizione colla teoria di van 't Hoff; la seconda sarebbe sempre e, in ogni caso, in contraddizione colla teoria stessa.

Infatti, se si immaginano due sostanze isomorfe con punti di congelamento assai lontani, potrebbe accadere che, sciogliendo quello che congela a temperatura più bassa nell'altro, se la miscela seguisse la prima regola di Küster, si avessero abbassamenti anche più forti di quelli che sarebbero normali per il corpo fondente più alto considerato come solvente.

Questa obbiezione fu subito fatta da Garelli [2], il quale poi sperimentò su soluzioni di fenantrene in antracene ed in carbazolo coi quali è isomorfo e di cui fonde più basso di oltre 100 gradi. Se queste miscele seguissero esattamente la prima regola di Küster, si avrebbero depressioni maggiori di quelle normali per l'antracene ed il carbazolo assunti come solventi. Invece dalle esperienze risultò che si

[1] Z. ph. Ch. *5*, 601, (1890); *8*, 584, (1891); *12*, 508, (1893); *16*, 525, (1895); *17*, 357, (1895).
[2] Gazz. Chim. Ital. *24*, II, 263, (1894).

hanno depressioni sempre assai inferiori a quelle calcolate secondo Küster, ed alquanto inferiori altresì a quelle normali.

Quanto alla seconda regola, essa contraddice sempre alla teoria di van 't Hoff, poichè questa prevede che i cristalli misti contengano più o meno sostanza sciolta della soluzione liquida, secondo che per la sua aggiunta si ha innalzamento o abbassamento del punto di congelamento. Uguaglianza di composizione fra le due soluzioni, e quindi costanza della temperatura durante il congelamento, si potrebbe avere solo quando non si avesse variazione di temperatura. Alle obbiezioni di Garelli, Küster rispose anzitutto spiegando le deviazioni delle curve di congelamento dalla retta, come quelle già osservate da lui, coll'imperfetto isomorfismo dei componenti la miscela. Quanto alla possibile contraddizione della sua prima regola ed a quella necessaria della seconda colla teoria di van 't Hoff, egli la ammise bensì: ma, assumendo come esatte e provate le regole stesse, ne prese anzi argomento per impugnare l'esattezza di quella teoria, od almeno la sua applicabilità alle miscele isomorfe. Egli sostenne, così, che le miscele isomorfe non possono considerarsi come soluzioni solide nel senso di van 't Hoff; tesi che, apparentemente abbandonata da lui (1), fu ripresa e sostenuta da Bodländer (2).

A questo punto stava la questione quando io ne intrapresi l'esame teorico nel 1898. I risultati di Küster erano stati accolti nei principali trattati di chimica-fisica (3) e dallo stesso van't Hoff nelle sue « Vorlesungen » (4). Il grande scienziato olandese mi scriveva infatti nel 1899 che in quel momento egli aveva cominciato a dubitare della applicabilità generale delle sue teorie.

18). *Applicazione della teoria delle fasi. Ricerche mie e di Bakhuis Roozeboom.* — Io (5) mi occupai anzitutto della forma della curva di congelamento; e, generalizzando una osservazione di Garelli, feci notare che le deviazioni dalla retta ideale di Küster sono di tal natura, che, quando la differenza di temperatura di fusione fra i due componenti è grande, la curva reale giace molto al disopra della retta, mentre quando tale differenza è piccola, la curva reale si trova più o meno al di sotto. Da ciò segue che le immaginabili eccezioni alla teoria di van 't Hoff in realtà non si verificano. E dimostrai questo con nuove esperienze, sciogliendo la naftalina (p. f. 80°) nell'isomorfo β-naftolo (p. f. 122°).

Osservai, poi, che la pretesa prima regola di Küster era stata enunciata aprioristicamente e senza dimostrazione, e che realmente nessuna ragione teorica vi è per ammettere la forma rettilinea della curva di solidificazione. Proposi quindi di applicare a questo problema la regola delle fasi di Gibbs.

Passai poi allo studio del coefficiente di ripartizione che secondo Küster doveva esser sempre = 1 lungo tutta la curva. Dimostrai sperimentalmente che nel caso

(1) Z. ph. Ch. *17*, 357, (1895).

(2) Z. ph. Ch. *21*, 113, (1896); N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. B. B. XII, 52, (1898); Neue Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal., 1899, II, 1.

(3) Ostwald, Lehrb. d. allg. Chem. 2° ediz. (1891), I vol., pag. 1028; Nernst, Theoret. Chem. (1893) pag. 111.

(4) Vorlesung. üb. theor. u. physik. Chem., 1ª ediz. (1898), 1° fascicolo, pag. 50.

(5) Bruni, *5*.

naftalina — β-naftolo, che è uno di quelli che meglio si accosterebbe alla retta, tale comportamento non si verifica. E notai poi che la pretesa omogeneità della soluzione è in contraddizione colla già citata equazione di Beckmann e potrebbe realizzarsi solo quando il punto di congelamento di una miscela non fosse innalzato o abbassato dall'aggiunta di uno dei componenti.

Per quanto l'ultima conclusione fosse perfettamente esatta, la dimostrazione aveva il difetto di basarsi sulla equazione di Beckmann, che suppone già l'applicabilità della teoria delle soluzioni solide. Appariva dunque desiderabile di darne un'altra dimostrazione indipendente, basata sui soli principii della termodinamica: e tale dimostrazione fu data, subito dopo, da me stesso.

In una seconda Nota [1] feci infatti rilevare come tale dimostrazione rigorosa possa facilmente ricavarsi da un teorema di Gibbs [2], illustrato poscia e più esplicitamente esposto da Duhem [3]. Esso si enuncia così: « In un sistema di due fasi coesistenti, è necessario e sufficiente che le due fasi abbiano la stessa composizione perchè, a pressione costante, la temperatura sia un massimo o un minimo ».

Pel caso di equilibrio fra una fase liquida e una gassosa la dimostrazione sperimentale era stata data, come è noto, da Konowalow. Ma la dimostrazione di Gibbs e Duhem è indipendente dalla natura delle fasi considerate, e può pertanto essere applicata al caso della fusione e solidificazione delle soluzioni solide e delle miscele isomorfe.

Da tale applicazione risulta che la pretesa omogeneità della solidificazione potrebbe avvenire solo negli eventuali punti di massimo o di minimo, o nei tratti orizzontali.

Nell'anno successivo (1899) io eseguî assieme con Gorni una lunga serie di ricerche, un sunto dei risultati delle quali fu pubblicato già nell'autunno di quell'anno in due Note nei Rendiconti di questa Accademia, mentre i lavori completi furono pubblicati solo l'anno dopo nella Gazzetta chimica [4]. Di tali risultati, quello che più qui interessa è lo studio di alcune curve di congelamento di miscele binarie di sostanze isomorfe le quali presentano un punto di minimo, comportamento allora non ancora noto fuorchè in uno dei casi studiati da Küster e da lui non rettamente interpretato.

Questo interessante fenomeno si verificava in due coppie di sostanze il cui isomorfismo era dimostrato cristallograficamente: p.biclorobenzolo + p.clorobromobenzolo, p.biclorobenzolo + p.bibromobenzolo; inoltre da una coppia in cui tale dimostrazione non si aveva: succinato dimetilico + fumarato dimetilico. Io consideravo poi un quarto caso risultante da esperienze di Garelli e Calzolari, quello: dibenzile + stilbene.

Io feci notare come la presenza di un punto di minimo sia perfettamente compatibile con la regola delle fasi e colla formazione di cristalli misti in tutti i rapporti, Dimostrai poi come nel caso di limitata miscibilità allo stato solido si possa avere il punto multiplo paragonabile al punto crioidratico, salvo la coesistenza di due soluzioni solide sature invece dei due componenti puri.

(1) Bruni, *7*.
(2) Thermodynam. Studien (deutsch v. W. Ostwald) Leipzig, pag. 118.
(3) Z. ph. Ch. *8*, 337, (1891).
(4) Bruni e Gorni, *10*; Bruni, *11*.

Io avevo dunque riconosciuto e definito esattamente *tre* dei *cinque* tipi in cui Bakhuis Roozeboom divise le possibili curve di solidificazione dei cristalli misti; e cioè: il tipo *1* (curva continua, tutta compresa fra i due punti estremi); il tipo *3* (curva continua con minimo); il tipo *5* (miscibilità limitata, due rami di curva entrambi discendenti e incontrantisi in uno punto multiplo); e del tipo *3* avevo pel primo segnalati esempî ben studiati.

Mancavano solo il tipo *2* (curva continua con massimo) — di cui non si ha, del resto, nemmeno oggi alcun esempio netto e sicuro, perchè tutti i massimi finora noti corrispondono a rapporti stechiometrici esatti e quindi a composti che danno soluzioni solide coi componenti — ed il tipo *4* (miscibilità limitata; due rami di curva, dei quali uno ascendente, l'altro discendente).

Nel frattempo Bakhuis Roozeboom aveva cominciato ad occuparsi dell'argomento; e dopo avere presentato all'Accademia di Amsterdam alcune note preliminari, pubblicò nella Zeitschr. f. physik. Chemie un grosso lavoro (1) in cui la sistematica delle curve di congelamento dei sistemi che dànno cristalli misti è trattata in modo completo ed esauriente.

La sua trattazione, come è ben noto, si basa sulla applicazione della teoria delle fasi e della così detta funzione ζ di Gibbs (potenziale termodinamico). Tale trattazione è senza dubbio più completa della mia; tuttavia, dappertutto dove i nostri risultati si toccano, essi concordano perfettamente, per quanto io fossi giunto ad essi per una via più semplice ed intuitiva.

Al lavoro del maestro facevan seguito varii altri lavori di scolari (van Eyk, Hissink, Reinders) che illustravano alcuni fra i casi principali. Interessanti, fra questi, era per me quello di Reinders (2), in cui si studiava il diagramma di solidificazione del sistema $HgBr_2 + HgI_2$ che presenta un punto di minimo perfettamente analogo a quelli studiati da me.

La indipendenza assoluta e reciproca delle ricerche mie e di Roozeboom, riconosciuta ampiamente da questo ultimo, risulta dalle seguenti date che non sarà inutile ricordare:

Le mie prime due note teoriche furono presentate a questa Accademia il 4 settembre ed il 18 dicembre 1898. La terza (con Gorni), dove sono descritte le curve con minimo, e la quarta, dove ne è fatta la interpretazione teorica, furono presentate in sunto pure a questa Accademia, il 1° e il 15 ottobre 1899 (3).

La prima nota preliminare di Roozeboom fu presentata all'Accademia di Amsterdarm il 24 setrembre 1898; quella con Reinders sul sistema $HgBr_2 + HgI_2$ fu presentata il 30 settembre 1899 e pubblicata il 22 novembre dello stesso anno. Queste due note mi erano del resto rimaste completamente ignote, non essendone comparso nemmeno un sunto nel Chem. Centralblatt. Io conobbi solo il lavoro completo di Roozeboom nella Zeitschr. f. physikal. Chem., che fu pubblicato nel fascicolo 3° del volume *30*, uscito il 1° dicembre 1899, ossia dopo che tutte le mie note

(1) Z. ph. Ch. *30*, 385, (1899).

(2) Z. ph. Ch. *32*, 494, (1900).

(3) La pubblicazione completa fu fatta nella Gazzetta Chimica del 1900. Bruni e Gorni *10*, Bruni *11*.

sull'argomento erano state pubblicate almeno in sunto. Il lavoro completo di Reinders (loc. cit.) vide la luce solo l'anno successivo.

I miei lavori ebbero inoltre per risultato di togliere le apparenti contraddizioni fra la teoria delle soluzioni solide di van 't Hoff e il comportamento delle miscele isomorfe, risultato che non fu senza influenza sulla ammissione generale di quella teoria. Mi sia concesso di riportare il giudizio, espresso per iscritto da van 't Hoff nel 1904, sulla mia opera: « Ce savant a contribué d'une partie preponderante à l'adoption des lois sur les solutions solides et les mélanges isomorphes, qui, sans son intervention, auraient été troublées par des notions confuses ».

19) *Formazione di cristalli misti per sublimazione.* — I cristalli misti si formano nella maggior parte dei casi da soluzioni liquide miste dei componenti o da miscele fuse di essi, ossia da fasi liquide: in altri casi da fasi solide, ossia per trasformazione di altre sorta di cristalli misti; era interessante vedere se essi possano formarsi anche da fasi gassose, ossia se si possano avere soluzioni solide per sublimazione.

Che ciò debba accadere, non può essere messo in dubbio dal punto di vista teorico. Dalla teoria delle fasi Roozeboom (1) ha potuto assai facilmente dedurre che ad una data temperatura, giacente al disotto della zona di solidificazione, la curva della tensione di vapore deve essere continua se la serie dei cristalli misti è ininterrotta. Che tali vapori misti debbano per sublimazione dare di nuovo cristalli misti, non può essere dubbio. Restava però da risolvere il problema dal punto di vista sperimentale, ciò che fu fatto da me con M. Padoa (2).

La ricerca presentava non lieve difficoltà: infatti il sottoporre a sublimazione il miscuglio di due corpi isomorfi e l'analizzare i cristalli sublimati non può essere sufficiente, poichè occorre ancora stabilire che questi cristalli sono omogenei. Questa dimostrazione non può, dato appunto l'isomorfismo, esser data in genere neppure con osservazioni microscopiche. Si potrebbe forse in certi casi impiegare il metodo dei così detti liquidi pesanti per separare le particelle di diversa densità eventualmente presenti: ma anche questo metodo non è facile ad applicarsi e può lasciare delle incertezze.

Io pensai di ovviare a questi inconvenienti usando un artificio di cui si era già valso Retgers nei suoi studî sull'isomorfismo: ricorsi cioè alla formazione di cristalli misti colorati, risultante dall'unione di due sostanze isomorfe, delle quali una colorata, l'altra incolora. In tal caso può assai bene esser osservato che i cristalli misti sono, in genere, di un colore omogeneo, sempre più pallido di quello del componente colorato puro.

Come coppie di sostanze adatte si scelsero: azobenzolo (rosso-aranciato) e stilbene (incoloro); joduro mercurico (rosso o giallo, secondo la modificazione polimorfica) e bromuro mercurico (incoloro); joduro mercurico e cloruro mercurico (incoloro).

Le esperienze venivano compiute ponendo miscele prima fuse, poi solidificate e polverizzate, delle due sostanze in un palloncino di vetro il cui collo lungo e largo veniva affilato; si faceva internamente una forte rarefazione (12-14 mm. di mercurio)

(1) Archives Neerlandaises, Lorentz-Jubel-Band (1901).

(2) Bruni e Padoa, *18.*

e si chiudeva alla lampada. Poi si scaldava il palloncino ad una temperatura inferiore alla più bassa possibile temperatura di fusione del sistema, e dopo un certo tempo si raccoglievano i cristalli sublimati all'estremità fredda del collo, si esaminavano al microscopio e, quando era possibile, si analizzavano.

Per la prima e la terza coppia si fecero osservazioni di carattere più qualitativo, che condussero a stabilire la formazione di cristalli misti omogenei sublimati.

Più esattamente studiata fu la seconda coppia: $HgBr_2 + HgI_2$. Come è noto, lo joduro mercurico possiede due modificazioni: una rossa, ed una gialla che si forma dalla prima a 130°. Il bromuro è incoloro ed isomorfo colla modificazione gialla, può anche però entrare (fino a 8,6 mol. %) in soluzione solida nella modificazione rossa, ed abbassa il punto di trasformazione fino alla temperatura ordinaria, come fu dimostrato da Reinders (loc. cit.).

I palloncini venivano scaldati a 150°, mentre il più basso punto di fusione del sistema è 216°. Si ottennero, in quattro esperienze, cristalli misti contenenti un poco meno joduro di quelli posti a sublimare. Che essi fossero soluzioni solide era dimostrato dal fatto che all'osservazione microscopica si mostravano omogeneamente gialli pallidi e rimanevano tali anche dopo conservati varie settimane a bassa temperatura; mentre cristalli di HgI_2 che fossero stati presenti, avrebbero arrossato in pochi minuti.

20) *Formazione di cristalli misti in sistemi ternarii. - Due corpi isomorfi sciolti in un terzo solvente.* — Si disse già come frequentissimo sia il caso della formazione di cristalli misti da sistemi ternarii, e come tali sistemi sieno stati i primi ad attirare l'attenzione degli studiosi, anzitutto nel caso speciale di due sostanze isomorfe o isodimorfe sciolte in una terza che faccia da solvente. Già nel § 16 fu detto infatti come le prime ricerche di Roozeboom furono dedicate ai fenomeni di solubilità delle miscele isomorfe, ed anche il mio primo studio in questo campo si riferiva ai crioidrati di sali isomorfi.

Quasi contemporaneamente al lavoro citato al § 18 ed in cui si applicava la teoria delle fasi allo studio delle curve di congelamento di miscele binarie, ne pubblicai un secondo [1] in cui confrontavo i fenomeni di equilibrio eterogeneo nei sistemi binarii e ternarii. In base alla teoria succitata mostrai che si può stabilire un parallelismo perfetto fra gli equilibrî che intervengono in un sistema binario e quelli che si verificano nel sistema ternario ottenuto aggiungendo ai due componenti primitivi un terzo che faccia puramente da solvente; il parallelismo si osserva, purchè si considerino in quest'ultimo sistema gli equilibrii aventi una fase solida in più. Cioè possono essere confrontate fra loro le curve di congelamento e di solubilità da un lato e le curve crioidratiche dall'altro. Così dedussi in modo più generale l'andamento della curva crioidratica di due corpi isomorfi, già considerato nella mia tesi di laurea, e lo illustrai con nuovi esempî scelti fra sostanze organiche.

Per mettere in rilievo tale parallelismo io proponevo ed impiegavo per i sistemi ternarii uno speciale sistema di rappresentazione grafica; in esso si portano sulle ordinate le temperature, e sulle ascisse la proporzione in cui si trovano tra loro i due componenti primitivi nella soluzione ternaria, senza considerare il rapporto in cui sono

(1) Bruni, *6*.

col terzo corpo (solvente). Rispetto al solito sistema di rappresentazione nel prisma triangolare equilatero, ciò equivale a proiettare le curve crioidratiche ternarie sul piano relativo ai due componenti primitivi, per mezzo di un fascio di rette orizzontali partenti dallo spigolo verticale corrispondente al terzo corpo (solvente).

È evidente che l'esame di tali curve crioidratiche può servire, al pari di quello delle curve di congelamento, per stabilire se due sostanze diano fra loro semplici eutectici o composti definiti o soluzioni solide.

Una applicazione speciale di questo metodo fu poco dopo proposta da me: al riconoscimento dei composti racemici (1). È noto come il miscuglio inattivo di due isomeri antipodi ottici (destro e levo) possa essere di natura diversa, e cioè può costituire: o un vero e proprio composto racemico, o un semplice conglomerato (eutectico) inattivo, oppure cristalli misti pseudoracemici. Roozeboom aveva proposto di impiegare a tale scopo le curve di congelamento binarie o curve isoterme di solubilità.

Io mostrai che può servire benissimo il metodo crioidratico risultante dal lavoro precedente; solo per la natura speciale dei sistemi le curve relative divengono simmetriche. Usando lo stesso sistema grafico si ha che i veri composti racemici sono caratterizzati da *tre* rami di curva, i semplici eutectici da *due*, ed i cristalli misti da *una* semplice curva che può essere una retta orizzontale, o presentare un massimo o un minimo. Il metodo può presentare, sugli altri, vantaggi in certi casi speciali.

Tale metodo fu poi applicato con ottimo risultato da Adriani (2) allo studio delle canforossime stereoisomere e da Smits (3) alla ricerca della natura dell'acido usnico inattivo, che dimostrò così essere veramente racemico.

Più interessante è per noi il primo caso, poichè è noto che la curva di congelamento delle miscele delle due d. e l. canforossime è una curva continua quasi retta, e che cioè dalle loro miscele fuse cristallizza una non interrotta serie di cristalli misti. Adriani impiegò ora il mio metodo assai ingegnosamente, adoperando successivamente come solventi corpi fondenti a varia temperatura, e trovò che le curve crioidratiche nei solventi fondenti sopra 103° dànno l'andamento caratteristico dei cristalli misti; in quelli fondenti al di sotto quello dei veri composti racemici. Il metodo, opportunamente applicato, conduce dunque anche ad una determinazione approssimativa della temperatura di transizione.

Il problema fu poi nuovamente considerato in modo generale da me con Finzi (4), ma senza trattare sperimentalmente casi speciali contenenti cristalli misti.

Un altro caso speciale assai interessante dei sistemi ternarî qui considerati è quello dato dalle miscele di idrati salini isomorfi. Sugli equilibrî eterogenei in tali sistemi io avevo iniziato e condotto fino ad un certo punto uno studio teorico e sperimentale assieme col mio amico W. Meyerhoffer; di esso vide la luce solo la prima parte teorica (5): la ricerca sperimentale rimase interrotta per la nostra lontananza prima, e poi definitivamente per la morte del mio collaboratore.

(1) Bruni, *8*.
(2) Z. ph. Ch. *36*, 168, (1901).
(3) Lieb. Ann. *325*, 344, (1902).
(4) Bruni e Finzi, *30*.
(5) Bruni e Meyerhoffer, *17*.

Tuttavia, anche la parte già pubblicata contiene risultati non privi di interesse. Si considerano anzitutto i fenomeni di disidratazione di cristalli misti di due sali che diano ciascuno due diversi idrati rispettivamente isomorfi. Dalla teoria delle fasi si deduce che la curva delle temperature di transizione è continua se la miscibilità di entrambi gli idrati è ininterrotta. Si ricerca poi la composizione relativa dei cristalli misti diversamente idratati che sono in equilibrio ad una data temperatura, studiando l'andamento della funzione ζ di Gibbs; e si deduce la seguente regola, che ha validità generale: « I cristalli misti più idratati contengono, in maggior proporzione di quelli più poveri d'acqua, quel componente la cui aggiunta al sistema provoca un innalzamento della temperatura di trasformazione ».

Lo stesso problema fu poi trattato in modo anche più ampio da R. Hollmann [1], al quale era però sfuggito un non lieve errore teorico che dovette egli stesso rettificare [2].

21) *Formazione di cristalli misti in sistemi ternarî. - Il problema generale.* — Il caso di due corpi isomorfi, o isodimorfi, sciolti in un terzo solvente, non è che un caso speciale della formazione di soluzioni solide da un sistema ternario. Il problema generale fu trattato la prima volta da me nel 1900, in base alla teoria delle fasi, in un lavoro [3] che è sfuggito a parecchi autori che in seguito si occuparono di questo argomento [4], io diedi allora un quadro generale dei tipi di equilibrio a cui si può giungere quando i tre componenti diano una sola fase liquida.

Io distinsi anzitutto tre tipi principali di equilibrî binarii (formazione di cristalli misti, formazione di composti definiti stabili, semplice eutectico), dimostrai che dalle combinazioni tre a tre di questi, possono derivarsi sei tipi principali di equilibrii ternarî, in cui due almeno dei componenti diano soluzioni solide.

Per taluni di tali tipi principali dedussi anche la possibilità di sottotipi caratteristici; infine mostrai come tali deduzioni possano essere estese ai casi più complicati ed a quelli in cui si formino soluzioni solide solo in rapporti limitati.

Facendo uso della solita rappresentazione grafica nel triangolo equilatero, indicai per ognuno dei tipi studiati la distribuzione e la forma generale delle superfici e delle curve di cristallizzazione primaria e secondaria e dei possibili punti multipli.

Concludevo quel lavoro rilevando che: « lo studio teorico degli equilibrî fisici nelle miscele ternarie in cui possono intervenire soluzioni solide, potrà essere applicato utilmente alla risoluzione di problemi interessanti non solo nella teoria, ma anche, e soprattutto, nella pratica ». « Accennerò », dicevo, « alla importantissima questione delle leghe ternarie nelle quali, come è in parte già noto, possono depositarsi, secondo la loro composizione, gli uni accanto agli altri, cristalli semplici, cristalli misti e combinazioni chimiche dei componenti. Questi problemi intricati potranno venir risolti completamente solo pigliando per guida la teoria delle fasi ».

Si noti che tali parole, scritte nel 1900, sono anteriori non solo a tutti i lavori, ormai abbastanza numerosi, sulle leghe ternarie, ma anche a tutti i lavori di Tammann

(1) Z. ph. Ch. *40*, 559, (1902).
(2) Z. ph. Ch. *43*, 597, (1903). Cfr. W. Ostwald, Lehrb. d. allg. Chem., Bd. II, *3*, 192-194.
(3) Bruni, *12*.
(4) Vedi però W. Ostwald, Lehrb. d. allg., Bd. II, *3*, 144-145.

e allievi, di Kurnakow e scolari ecc., sulle leghe binarie, su cui non si avevano allora che i primi saggi di Roozeboom e della sua scuola. L'esperienza successiva ha provato ampiamente la giustezza delle mie previsioni.

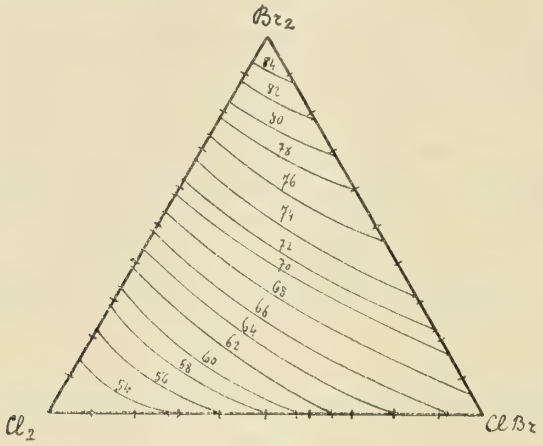


Fig. 1.

Il problema delle miscele ternarie negli anni successivi, e specialmente negli ultimi, fu trattato da numerosi autori, sia dal punto di vista teorico, sia da quello sperimentale. Per quanto la maggior parte di essi abbiano trascurato il mio lavoro, le loro conclusioni sono però sempre conformi alle mie deduzioni teoriche.

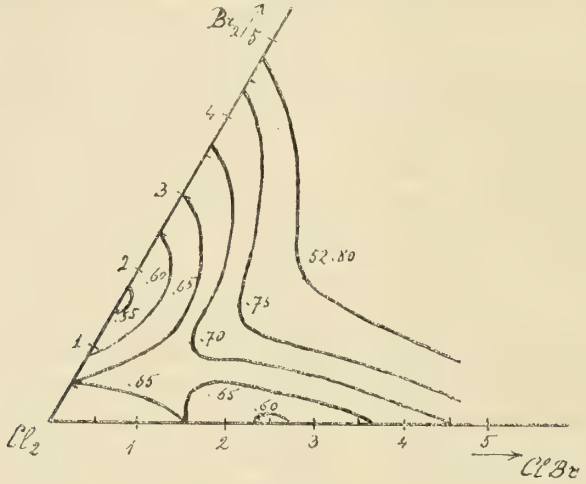


Fig. 2.

Io non mancai però di illustrare già allora uno dei tipi considerati, e precisamente quello dato dalla combinazione di tre sostanze che tutte diano fra loro cristalli misti in tutti i rapporti. Il lavoro sperimentale fu eseguito assieme con Gorni [1] sulle miscele binarie e ternarie di p.bicloro-, p.clorobromo- e p.bibromo-benzolo il cui completo isomorfismo era stato già precedentemente dimostrato.

[1] Bruni e Gorni, *13*.

Tutto il campo fu esplorato mediante 115 determinazioni di temperatura di congelamento, e si trovò che, conformemente alla teoria, la superficie di cristallizzazione è una sola e continua, come risulta dalla qui unita figura 1 in cui sono tracciate le isoterme di 2 in 2 gradi.

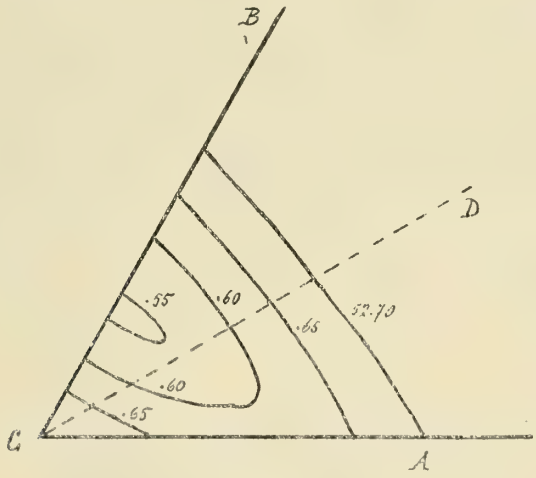


Fig. 3.

Come si disse già al § 18, le curve di solidificazione dei due sistemi binarî $p.\,C_6H_4Cl_2 + p.\,C_6H_4ClBr$ e $p.\,C_6H_4Cl_2 + p.\,C_6H_4Br_2$ presentano due minimi assai

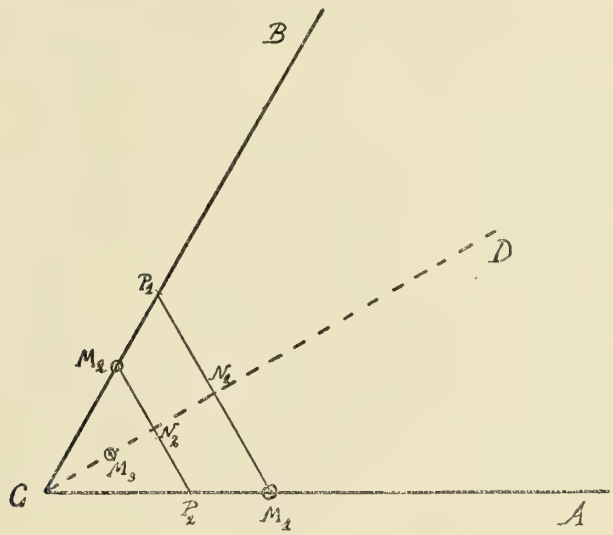


Fig 4

appiattiti in vicinanza del punto di solidificazione del biclorobenzolo puro. Anche la curva che si ottiene aggiungendo al biclorobenzolo miscele equimolecolari di clorobromo- e di bibromo-benzolo, presenta un minimo, ma questo è ancora più appiattito e vicino al punto del biclorobenzolo. La superficie di cristallizzazione ternaria presenta quindi anch'essa una zona di minimo; ma in causa della circostanza suaccennata essa ha una singolare forma di « sella » come risulta dalla figura 2 in cui è rappre-

sentato in scala maggiore l'angolo attorno al biclorobenzolo ed in cui le isoterme sono tracciate ogni 0,05 gradi.

W. Ostwald (loc. cit.) sollevò alcune obbiezioni circa la forma di questa zona di minimo, perchè troppo complicata, e crede che la zona di minimo possa avere la forma più semplice risultante dalla figura 3.

Tale obbiezione è evidentemente infondata ed un esame attento dei miei dati numerici avrebbe sùbito mostrato all'illustre autore che la forma da lui proposta non soddisfa in nessun modo alla realtà. Infatti non è dalla sola esistenza del minimo sulla retta bisettrice CD che io ho dedotto, come pare egli creda, la esistenza della forma a sella, ma bensì dalla circostanza già accennata che il minimo sulla bisettrice è più appiattito e più vicino al punto C che non quelli sui lati, come risulta dal confronto seguente:

	Concentraz. del punto di minimo	Temperatura del punto di minimo
Lato CA: $p.C_6H_4Cl_2 + p.C_6H_4ClBr$	97,42 (M_1)	52°,60
Bisettrice CD: $p.C_6H_4Cl_2$ + misc. equimol.	99,12 (M_3)	52,65
Lato CB: $p.C_6H_4Cl_2 + p.C_6H_4Br_2$	98,41 (M_2)	52,55

Da questo solo confronto risulta senz'altro la necessità di ammettere la superficie a sella e la impossibilità di quella proposta da Ostwald.

Ciò risulta subito dall'esame della fig. 4, dove sono indicati con M_1, M_2 e M_3 i tre minimi. Infatti se consideriamo le due perpendicolari alla bisettrice (linee di uguale contenuto in biclorobenzolo) passanti per M_1 e M_2, abbiamo che sulla $M_1 N_1 P_1$ il punto N_1 situato sulla bisettrice è più alto di entrambi i punti M_1 e P_1; e così pure può dirsi del punto N_2 rispetto a M_2 e P_2[1].

Le successive esperienze sulle leghe hanno mostrato poi la esistenza di superfici tanto più complicate che la sola complicazione non può essere addotta come argomento aprioristico contro la verosimiglianza della forma data da me.

22). *Leghe ternarie di magnesio, zinco e cadmio.* — Nonostante le ricerche e le conclusioni esposte nel paragrafo precedente, una serie di circostanze mi impedì per molto tempo di poter prendere parte attiva agli studî sulle leghe metalliche binarie e ternarie, che negli anni successivi al 1900 vennero sviluppandosi in modo così mirabile. Solo nello scorso anno potei iniziare ricerche in questo campo ed eseguire uno studio sperimentale sulle leghe ternarie di magnesio, zinco e cadmio, che si presentavano assai interessanti sotto varî punti di vista.

Lo studio delle miscele binarie di questi metalli, fatto da varî autori ed ultimamente in modo assai preciso nel laboratorio di Tammann [2] ha messo in luce un comportamento assai strano e che contraddice in certo modo alle regole stabilite dallo stesso Tammann [3] sull'isomorfismo e sulla capacità a combinarsi di elementi dello stesso gruppo del sistema periodico.

[1] Basta infatti osservare che Ostwald deve tirare la isoterma di 52°.60 ad attraversare la bisettrice CD, mentre la più bassa temperatura osservata su questa sezione è di 52°.65.

[2] Grube, Z. an. Ch. *49*, 77 (1906); Hindrichs, Z. an. Ch. *52*, 415, (1907).

[3] Z. an. Ch. *49*, 119, (1906); *53*, 446, (1907); Z. Elektrochem. *14*, 799, (1908).

Così il primo ed il secondo di questi due elementi, il magnesio e lo zinco, che nei loro composti sono quasi sempre e completamente isomorfi, non dànno qui nessuna sorta di cristalli misti, almeno in proporzione apprezzabile, ma bensì un composto definito e stabile: $MgZn_2$.

Il secondo ed il terzo, zinco e cadmio, pure omologhi immediati, dànno un semplice eutectico. È bensì vero che la formazione di soluzioni solide non può essere esclusa, ma ad ogni modo essa avverrebbe solo in proporzioni estremamente limitate.

I due elementi più distanti invece, magnesio e cadmio, fra cui dovrebbe aspettarsi minore analogia, dànno un composto MgCd; ma questo dà cristalli misti in tutti i rapporti con entrambi i componenti, cosicchè la serie delle soluzioni solide fra Mg e Cd è ininterrotta.

Già queste singolari relazioni lasciavano apparire interessante lo studio delle miscele ternarie dei tre corpi, per stabilire p. es. se lo zinco ha almeno la tendenza ad entrare in proporzione più o meno larga nelle soluzioni solide esistenti fra i suoi due omologhi.

D'altro lato la questione appariva interessante anche dal punto di vista della teoria delle fasi, e l'attenzione era attirata anche dal composto MgCd, uno di quei singolari composti che dànno soluzioni solide coi loro componenti, e di cui era degna di studio la maniera di comportarsi nel sistema ternario.

Se si prescinde dalla presenza di quest' ultimo composto, il caso era identico ad uno dei tipi studiati da me nella memoria teorica del 1900, e precisamente a quello designato allora come tipo 3° (loc. cit., pag. 238) e definito così: « A e B sono isomorfi; dei due, A non si combina con C; B dà invece con esso un composto D ». Vedremo infatti come le superfici e curve di cristallizzazione concordino perfettamente con quelle allora dedotte dalla teoria.

La ricerca sperimentale fu eseguita da me assieme con C. Sandonnini ed E. Quercigh; i risultati di una parte delle determinazioni termiche furono già pubblicati [1]; il resto di quelle osservazioni, e quelle micrografiche colle conclusioni generali, saranno pubblicate fra breve per esteso. Qui mi limito a dare un breve riassunto dell'insieme.

Furono anzitutto esaminati coll'analisi termica i tre diagrammi di solidificazione delle miscele binarie, confermando i risultati di Hinrichs e di Grube (ll. cc.), salvo lievi differenze nelle singole temperature e salvo la questione della esistenza di soluzioni solide di zinco nelle miscele più ricche in cadmio, questione di cui verrà detto qui appresso.

Come temperature di solidificazione dei componenti e dei composti, trovammo:

Magnesio	650°
Zinco	420°
Cadmio	321°
Composto $MgZn_2$	589°
» MgCd	424°

[1] Bruni, Sandonnini e Quercigh, *35*.

Per gli eutectici nei diagrammi binarî si trovarono i seguenti valori:

Eut. Mg - $MgZn_2$ (punto C): temp. 340° compos. 28,0 at. % Zn
» $MgZn_2$ - Zn (punto B): » 363° » 92,5 at. % Zn
» Zn - Cd (punto A): » 262° » 73,5 at. % Cd.

Quanto alla esistenza dei cristalli misti nelle miscele zinco-cadmio più ricche in cadmio, vi è una controversia. Hindrichs riferisce di aver trovato eutectico fino

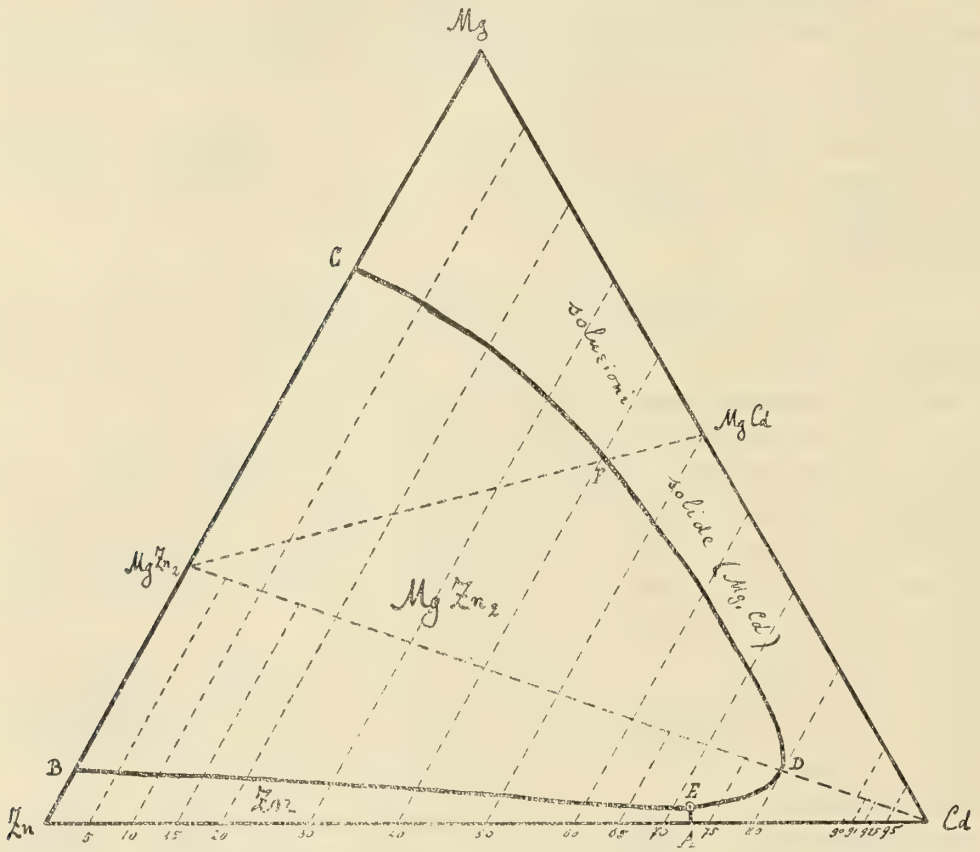


Diagramma 1.
Leghe ternarie Mg + Zn + Cd.

al 99 % Cd. Noi, anche operando su grandi quantità di lega, non abbiamo più trovato traccia d'arresto a 262° nelle miscele al 97,5 e al 99 %, mentre tale arresto è già minimo per le leghe al 95 %. Anche l'andamento della curva dei tempi eutectici è tale da far ritenere che essi si annullino prima di raggiungere il cadmio puro. Dalle nostre ricerche si dovrebbe quindi dedurre l'esistenza di soluzioni solide di zinco in cadmio contenenti circa 2 % del primo metallo. Anche ricerche micrografiche ci confermano in questo modo di vedere. Quanto alle soluzioni solide fra Mg, Mg Cd e Cd, noi troviamo intervalli di cristallizzazione assai netti e più ristretti di quelli trovati da Grube, ciò che dà garanzia di maggiore esattezza.

Ecco ora come abbiamo distribuito lo studio termico delle miscele ternarie che fu compiuto con 200 determinazioni di temperature di cristallizzazione; usiamo la solita rappresentazione grafica mediante il diagramma triangolare equilatero:

Azitutto si studiarono le miscele che si ottengono aggiungendo cadmio al composto $MgZn_2$, ciò che equivale ad una sezione secondo la retta $MgZn_2$ - Cd. Si stabilì così, che il composto si comporta come un metallo unico; e che, se si prescinde dalle conseguenze della separazione di piccole quantità di soluzioni solide intorno al punto Cd, le dette miscele si comportano come sistemi binarî.

Si esaminarono poi le leghe che si preparano mescolando in proporzioni diverse i due composti, il che corrisponde ad una sezione lungo la retta $MgZn_2$ - Mg Cd. Anche queste miscele hanno, con grande approsimazione, il comportamento di miscele binarie. Lungo queste due rette si trovano perciò due punti eutectici la cui posizione è individuata dalle coordinate seguenti:

Eut. $MgZn_2$ - Cd (punto D), temp. 280°
composizione: Mg 6,65; Zn 13,30; Cd 80,05 at. %.
Eut. $MgZn_2$ - Mg Cd (punto F), temp. 356°
composizione: Mg 47,5; Zn 13,5; Cd 39,0 at. %.

Diviso così tutto il campo mediante queste sezioni principali, fu esplorato prima il triangolo parziale Zn - Cd - $MgZn_2$, mediante una serie di sezioni parallele al lato Zn - $MgZn_2$. Di tali tagli ne furono eseguiti ben 15, e precisamente a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 80, 91, 92.5, 95 at. % di cadmio. Salvo gli ultimi tre, brevissimi, tutti gli altri consistevano di almeno sette determinazioni. Inoltre nella zona vicina al punto Cd furono eseguite altre determinazioni staccate.

Queste misure permisero di caratterizzare perfettamente i fenomeni che accadono in questo campo e che si presentano, del resto, semplicissimi. Infatti esso presenta il quadro dei sistemi ternarî con semplice eutectico ternario. Dai tre punti A, B e D scendono le curve eutectiche binarie, luogo delle cristallizzazioni secondarie, e si riuniscono nel punto eutectico ternario E, la cui posizione è data dalle coordinate seguenti:

temperatura 256° — composiz. Mg 2,0; Zn 25,0; Cd 73,0 at. %.

Tutte le leghe ternarie dànno questo punto, salvo alcune leghe contenenti più di 95 at. % di cadmio; ciò è dovuto con ogni probabilità alla formazione di cristalli misti ternarî contenenti piccole quantità di Mg e Zn. Per questa ragione, anche le miscele contenenti la proporzione esatta $x MgZn_2 + y Cd$ debbono, dopo l'arresto in D, scendere lungo la curva D E.

Fatto questo, si procedette all'esame dell'altra zona Mg - $MgZn_2$ - Cd: anche questa fu esplorata con una serie di sezioni parallele al lato Mg Zn; furono cioè prolungati anche in questo campo i tagli corrispondenti a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 at. % cadmio; inoltre furono tracciati quelli brevissimi a 90 e 95 at. % Cd. Oltre a ciò, per ragioni che diremo subito, si stimò anche opportuno esaminare alcune sezioni nel senso parallelo al lato Mg Cd; riesce assai facile, approfittando delle stesse osservazioni, ricostruire i tagli corrispondenti a 2, 5, 10, 30, 40 at. % Zn, dei quali sopra tutto i primi tre riescono interessanti.

Diremo subito che nell'esame termico delle miscele contenenti 2 % Zn si osserva solo un intervallo di cristallizzazione e nessuna traccia di cristallizzazioni secondarie o terziarie. Queste appaiono invece già nelle miscele con 5 % Zn. Che anche il composto Mg Cd dia cristalli misti contenenti in piccola quantità Zn, risulta dal fatto che anche la miscela che si trova sulla retta $Mg Zn_2$ - Mg Cd a 2 % Zn presenta un intervallo di cristallizzazione; corrispondentemente a questo fatto, nel diagramma che riproduce il taglio a 2 % Zn le curve del liquido e del solido non combaciano quando Mg e Cd si trovano in rapporti atomici eguali, come accade nel diagramma binario, ma rimangono staccate per tutto il loro percorso. Sui limiti di esistenza, certo assai ristretti dei cristalli misti ternarii è assai difficile decidere, poichè anche l'esame micrografico lascia qualche incertezza.

Tutte le osservazioni, salvo le ora citate, mettono in luce la esistenza di una curva eutectica, sede di cristallizzazione secondaria, che va dall'eutectico binario C al punto D, dove senza discontinuità alcuna si raccorda alla DF. Tale curva presenta un massimo corrispondente all'incirca al punto segnato con G e caratterizzato dalle seguenti coordinate:

temperatura 358° — composizione: Mg 54,0; Zn 16,0; Cd 30,0 at. %.

Nel tratto GC essa discende assai lentamente, raggiungendo in C la temperatura 340°. Nell'altro essa scende dapprima pure assai lentamente, poichè in F la temperatura è ancora 356°; poi più rapidamente, raggiungendo in D i 280°. In corrispondenza con questo e con quanto venne detto prima, tutte le miscele comprese fra la retta $Mg Zn_2$ - Cd e la retta $Mg Zn_2$ - punto G, scendono nella cristallizzazione lungo la curva succitata GFDE fino a dare l'eutectico ternario E.

Le tre curve eutectiche AE, BE, CGFDE dividono quindi il campo totale in tre zone. La prima, Zn - AEB, corrisponde alle leghe che per cristallizzazione primaria depositano zinco. La seconda CGFDEB comprende tutte le miscele da cui si deposita il composto $Mg Zn_2$ puro. La terza zona, Mg - Cd - AEDFGC, corrisponde alle leghe da cui per cristallizzazione primaria si separano soluzioni solide contenenti magnesio e cadmio ed in piccolissime quantità anche zinco.

Nel primo dei due diagrammi qui annessi sono riportate le curve e le zone sopra discusse, oltre all'indicazione schematica delle sezioni ideali per mezzo di cui si fece l'esplorazione del campo. Nel secondo diagramma sono invece tracciate nel modo più preciso possibile le isoterme di cristallizzazione primaria di 25° in 25°; esse dànno l'immagine completa del diagramma nello spazio.

In complesso si vede che lo zinco mostra realmente una tendenza ad entrare nelle soluzioni solide del magnesio col cadmio, ma in proporzioni estremamente limitate cosicchè l'anomalia risultante dal comportamento delle miscele binarie rimane.

23). *Calore di formazione delle soluzioni solide, e variazioni della miscibilità allo stato solido, colla temperatura.* — La questione se la formazione dei cristalli misti di due componenti sia connessa con una determinata variazione termica, è evidentemente di importanza fondamentale per la teoria delle soluzioni solide. Infatti, affinchè il parallelismo fra queste ultime e le soluzioni liquide sia completo, occorre che così le une come le altre si formino con una variazione del contenuto in energia del sistema e in prima linea con una variazione termica. In linea generale può ammet-

tersi che la formazione di cristalli misti avvenga tanto con assorbimento quanto con sviluppo di calore: cioè che così le soluzioni solide come le liquide possano essere tanto endotermiche quanto esotermiche.

L'importanza della questione venne per la prima volta rilevata da E. Sommerfeldt (1), il quale ideò anche un assai ingegnoso metodo sperimentale per misurare in

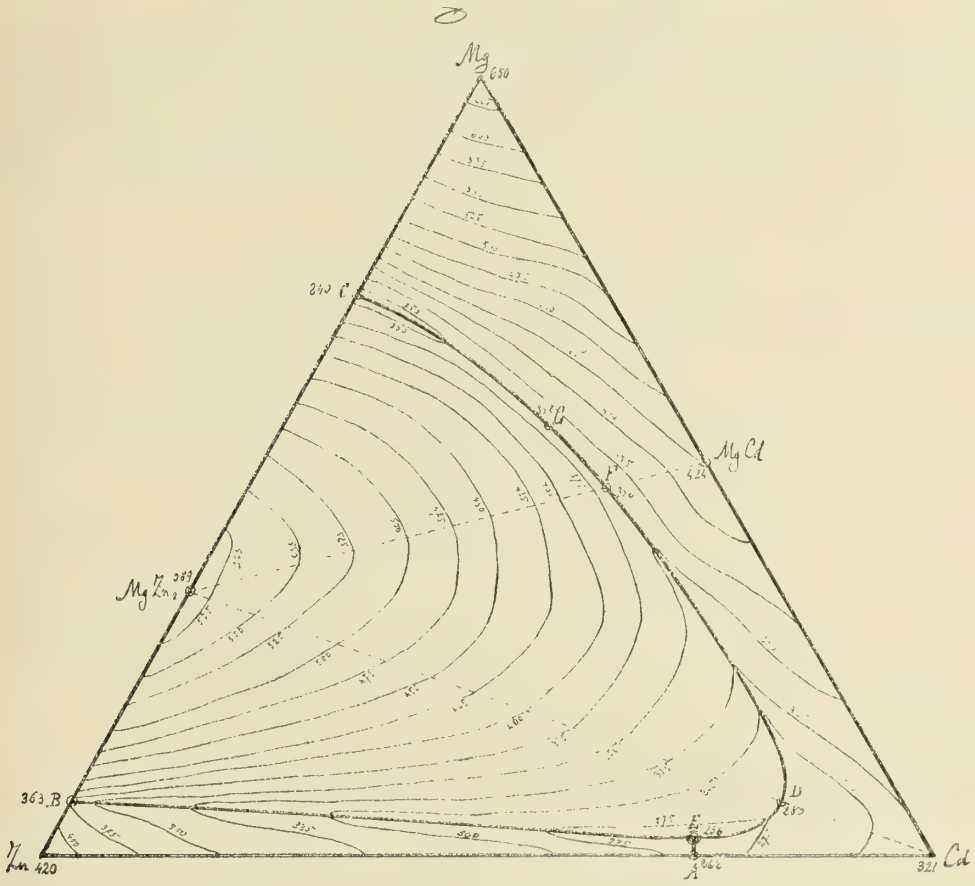


Diagramma 2.
Isoterme di cristallizzazione primaria.

alcuni casi tale calore di formazione, deducendolo cioè dalla differenza dei calori di soluzione in acqua dei cristalli misti da un lato e di un miscuglio meccanico di ugual composizione dall'altro.

Il Sommerfeldt stesso eseguì poi alcune serie di misure su cristalli misti di alcune coppie di sali deposti da soluzioni acquose a temperatura ordinaria. Egli trovò per i calori di formazione, secondo il metodo suaccennato, valori, in alcuni casi positivi, in altri negativi, ma sempre assai piccoli. Vedremo subito come gli esempî di Sommerfeldt fossero mal scelti per avere calori di formazione considerevoli. La

(1) Neues Jahrb. f. Mineral. ecc., *2*, (1900).

questione del calore di formazione delle soluzioni solide è infatti, pel principio dell'equilibrio mobile, connessa teoricamente con quella delle variazioni di miscibilità allo stato solido, col variare della temperatura. Nei casi in cui la miscibilità allo stato cristallino è limitata, è da aspettarsi che la concentrazione della soluzione solida limite (satura) varii col variare della temperatura, e tanto il segno quanto il valore della variazione debbano stare col calore di formazione della soluzione solida nelle relazioni espresse dalle ben note equazioni termodinamiche.

Anche qui non vi è alcuna ragione aprioristica perchè la solubilità allo stato cristallino debba variare in un senso piuttosto che in un altro, con il variare della temperatura. Le esperienze fatte sinora mostrano però, che il comportamento generale è, quale era da aspettarsi, nel senso dell'aumento della miscibilità col crescere della temperatura. Questo vale tanto per le leghe metalliche, secondo le esperienze di Tammann [1], quanto per le miscele di sali.

Un caso particolarmente tipico ed istruttivo fu studiato da Kurnakow e Žemčžužny [2]. Questi autori stabilirono che il sistema $NaCl + KCl$ dà luogo a formazione di soluzioni solide in tutti i rapporti, quando si facciano solidificare le miscele fuse; mentre era noto che da soluzioni acquose miste di questi due sali si separano miscugli meccanici dei cristalli dei due componenti puri. I due chimici russi, richiamando certe precedenti osservazioni di Ostwald [3] e di Bekétoff [4], stabilirono che il calore di soluzione in acqua di un miscuglio equimolecolare dei due sali, fuso e raffreddato bruscamente, è assai inferiore a quello di una miscela meccanica della stessa composizione. Poichè la massa « temprata » è formata di cristalli misti, la differenza dà il calore di formazione delle soluzioni solide che è qui negativo e assai considerevole. Per una miscela equimolecolare si hanno infatti, rispettivamente, circa — 5700 e — 3600 cal. Il calore di formazione dei cristalli misti è quindi circa — 2100 calorie. Tali esperienze vennero poi ripetute ed utilizzate da me e da Meneghini [5], come verrà detto in appresso (§§ 26 e 27).

Anche per i sistemi $NaBr + KBr$ e $NaI + KI$ gli stessi autori stabilirono che i calori di formazione dei cristalli misti sono assai notevoli.

Più tardi Žemczužny e Rambach [6] estesero le ricerche di K. e Ž. ai sistemi $KCl + RbCl$, $KCl + KBr$, $KBr + KI$; in tutti questi casi si hanno valori negativi assai forti.

Infine Zawidzki e Schazzer [7] trovarono che pel sistema $KNO_3 + NaNO_3$ non vi è alcuna differenza apprezzabile fra il calore di soluzione dei miscugli meccanici e quello dei cristalli misti, cosicchè il calore di formazione di questi ultimi è, in questo caso, nullo.

(1) Z. an. Ch. *53*, 446, (1907).
(2) Z. an. Ch. *52*, 186 (1907).
(3) Journ. prakt. Chem, *25*, 8, (1888).
(4) Z. an. Ch. *40*, 355, (1904).
(5) Bruni e Meneghini, *40*.
(6) Z. an. Ch. *65*, 403, (1910).
(7) Kosmos, *35*, 498, (1910).

Una prima serie di ricerche su questo argomento fu compiuta da me assieme con D. Meneghini (1) sulla coppia nitrito sodico-nitrato sodico. Si trovò che questi due sali depositano dalle miscele fuse cristalli misti di due tipi, la cui composizione presenta solo una lieve lacuna fra 29,5 e 35 mol. % $NaNO_3$.

Dalle soluzioni miste in acqua a temperatura ordinaria si separano invece i due sali perfettamente puri senza traccia apprezzabile di soluzioni solide.

Era quindi da aspettarsi pei cristalli misti un calore di formazione negativo ed abbastanza forte. Le esperienze relative furono eseguite col metodo di Kurnakow. Effettivamente il calore di soluzione in acqua dei cristalli misti temprati è assai minore di quello dei miscugli meccanici. Per miscele costituite da uguali quantità in peso dei due sali si ebbero —5699 e rispettivamente —5300 calorie. Il calore di formazione delle soluzioni solide è quindi circa —400 cal. (I valori sono riferibili a 100 gr. di miscela salina).

Una seconda più comprensiva serie di lavori fu eseguita da me assieme con M. Amadori (2) e da questi e G. Pampanini (3) sulle miscele binarie di cloruro, bromuro e joduro potassico. Lo scopo di tali ricerche non fu tanto di determinare il calore di formazione delle soluzioni solide, quanto di porlo in relazione colla variazione della miscibilità sulla temperatura.

A tale scopo Amadori e Pampanini eseguirono anzitutto l'analisi termica delle tre coppie: I: KCl + KBr; II: KBr + KI; III: KCl + KI. Dalle curve di solidificazione risulta che le coppie I e II depositano, dalle miscele fuse, cristalli misti in tutti i rapporti. La coppia III dà due serie di soluzioni solide; la lacuna di miscibilità va da 49 a 91 molecole per cento di KCl.

Eseguirono poscia ricerche di solubilità in acqua a 25° analizzando le soluzioni ed i cristalli misti deposti. Trovarono, così, che la coppia I dà. anche a quella temperatura, soluzioni solide in tutti i rapporti. La coppia II presenta invece in queste condizioni una larga lacuna di miscibilità: da 34 a 93 mol. % KBr. Per la coppia III infine la lacuna nella composizione dei cristalli misti è enormemente più ampia che non ad alta temperatura, poichè essa va da 7 a 99 mol. % di KCl. Per le coppie II e III la miscibilità allo stato solido diminuisce dunque di molto col diminuire della temperatura.

In relazione con queste determinazioni io e Amadori determinammo i calori di formazione dei cristalli misti col metodo di Kurnakow, e cioè misurando il calore di soluzione in acqua, prima di un miscuglio meccanico equimolecolare, e poi di una miscela fusa e lasciata poi solidificare per raffreddamento rapido.

I risultati ottenuti furono i seguenti:

	KCl + KBr	KBr + KI	KCl + KI
Calore di soluzione:			
a) del miscuglio meccanico	— 4759 cal.	— 5087 cal.	— 4770 cal.
b) dei cristalli misti. . .	— 4535 »	— 4695 »	— 4219 »
Calore di formazione della soluzione solida.	— 224 »	— 392 »	— 551 »

(1) Bruni e Meneghini, *33*.
(2) Bruni e Amadori, *41*.
(3) Amadori e Pampanini, *51* e *52*.

I numeri sono sempre riferiti ad una grammi-molecola complessiva dei due sali, ossia a gr. 96,79 del miscuglio KCl + KBr, gr. 120,29 del miscuglio KCl + KI e gr. 142,52 di quello KBr + KI.

Se si confrontano ora questi numeri con i risultati precedenti, si vede che essi confermano la nostra previsione: e cioè le coppie II e III, la cui miscibilità diminuisce assai coll'abbassarsi della temperatura, hanno un calore di formazione delle soluzioni solide assai maggiore che non la coppia I, in cui la miscibilità rimane completa anche a freddo.

IV.

Ricerche sperimentali sulla diffusione allo stato solido.

24) *Generalità e cenno storico.* — La importanza fondamentale della diffusione allo stato solido per la teoria delle soluzioni solide è evidente. Una delle caratteristiche fondamentali delle soluzioni, oltre a quella della variabilità continua della composizione, è la tendenza ad uguagliare per diffusione tutte le differenze di concentrazione che si presentino fra diversi strati del sistema.

Se dunque i cristalli misti sono veramente da considerarsi come soluzioni solide, se l'analogia fra queste e le soluzioni liquide non deve essere puramente formale, deve aspettarsi che una tendenza alla diffusione, per quanto diminuita, debba esistere anche allo stato solido. Infatti, già van 't Hoff nella sua prima memoria cercò di raccogliere il maggior numero di fatti che parlavano in favore della esistenza di simili fenomeni di diffusione, mentre, d'altra parte, gli avversarî della sua teoria cercarono di valersi della pretesa assenza di tali diffusioni nelle miscele isomorfe.

In realtà, alcuni dei fenomeni allora noti di diffusione fra solidi non potevano esser ritenuti come veramente probanti per la nostra teoria. Ciò vale anzitutto pei fatti di conduttività elettrolitica e di conseguente diffusione nel vetro e nella porcellana (Helmholtz, Warburg, Haber, Heydweiler); infatti qui si tratta di corpi amorfi che, secondo la teoria di Tammann, non dovrebbero essere considerati come veri solidi. Sarebbe possibile ammettere la diffusione nello stato solido amorfo ed escluderla in quello cristallino a cui prevalentemente si riferisce la teoria di van 't Hoff.

Più interessanti apparivano le ricerche sulla diffusione fra metalli a cui si erano dedicati con successo varii sperimentatori e specialmente Roberts Austen e Spring; anche qui però alcuni casi non apparivano del tutto convincenti nel senso della teoria delle soluzioni solide: così il più importante praticamente ed il meglio noto fra questi fenomeni, e cioè il processo di diffusione del carbonio nel ferro nella così detta cementazione degli acciai; è infatti da notare che il prodotto finale di tale processo è un composto chimico definito, la cementite Fe_3C; nè ciò poteva esser escluso in varii altri casi, mentre è ovvio che converrebbe escludere dalla dimostrazione tutti quei casi in cui i due metalli dànno fra loro combinazioni propriamente dette.

Le ricerche ora citate erano state eseguite quando non si avevano le cognizioni che oggi si posseggono sulla costituzione delle leghe metalliche: ciò che scema il valore da attribuirsi alle loro conclusioni. Così, per es., uno dei casi meglio studiati da Roberts Austen era quello della diffusione dell'oro nel piombo, e viceversa. Ora dalla ricerca recente risulta che questi due metalli non dànno affatto cristalli misti fra loro, ma solo due composti definiti.

Il fenomeno di diffusione era quasi sempre provocato comprimendo fortemente i due metalli fra loro. La verificazione della diffusione era fatta o per semplici analisi chimiche di strati successivi, o, meno spesso, mediante osservazioni micrografiche; ora l'analisi chimica non può ritenersi decisiva, poichè essa p. es. non può distinguere fra cristalli misti omogenei ed un eutectico molto fino; l'osservazione micrografica può fornire risultati più attendibili, ma anch'essa non è scevra di incertezze, se usata da sola.

Assai più recenti sono le ricerche compiute da Masing [1] nel laboratorio di Tammann, ed in esse si tien conto della struttura intima delle leghe considerate. La formazione della lega veniva provocata mediante fortissima compressione (4000 atmosfere) di polveri dei due metalli, e veniva constatata mediante osservazione micrografica e misura di alcune proprietà fisiche. Alcune di queste misure sono assai opportunamente scelte, come si dirà in seguito; altre però non riescono convincenti.

Così, p. es., il trovare che la miscela compressa ha lo stesso punto di fusione della lega, non prova nulla, poichè, come io ho verificato sperimentalmente, anche un miscuglio meccanico fino delle due polveri, non previamente compresso nè riscaldato, dà sensibilmente lo stesso risultato. Alla validità delle esperienze di Masing per la dimostrazione della diffusione nel caso che si formino composti o cristalli misti, furono mosse obbiezioni, appoggiate da esperienze, dal compianto prof. G. Spezia [2].

Per tutte queste ragioni appariva assai interessante un ulteriore studio di questi fenomeni.

25) *Nuove ricerche su leghe metalliche.* — Nell'iniziare le nuove ricerche io mi proposi innanzi tutto di tener fermi i tre punti fondamentali seguenti:

a) sperimentare solamente su sistemi i cui componenti formino soluzioni solide in tutti i rapporti ed in cui non intervenga alcun composto definito;

b) evitare, durante il processo di diffusione, sia l'impiego di una pressione esterna, sia l'intervento di pressioni interne;

c) verificare la formazione delle soluzioni solide mediante la misura di proprietà fisiche il cui valore numerico sia assai differente per i cristalli misti omogenei e per il miscuglio meccanico.

Furono eseguite due serie di ricerche, entrambe assieme con D. Meneghini [3]: e cioè una su leghe metalliche, l'altra su miscele di sali alcalini.

Nella prima servì come proprietà indicatrice della diffusione la resistenza elettrica; nella seconda, il calore di soluzione in acqua. Riferisco in questo paragrafo i

(1) Z. an. Ch. *62*, 304, (1909).
(2) Atti R. Accad. Torino, (1910).
(3) Bruni e Meneghini *38*, *39*. — Bruni e Meneghini *40*.

risultati avuti colle leghe metalliche, e nel successivo quelli ottenuti colle miscele saline.

Fra le leghe metalliche furono scelte le tre coppie:

rame + nichel
rame + oro
argento + oro.

Tutte queste coppie dànno cristalli misti in tutti i rapporti, come verrà detto più dettagliatamente in appresso.

La diffusione fu fatta avvenire riscaldando fili composti di strati sovrapposti dei due metalli. Questi fili venivano ottenuti prendendo un sottile filo di nichel per la prima coppia, di oro per le due ultime, e depositandovi sopra elettroliticamente uno strato di rame o di argento, fino ad avere il rapporto in peso voluto fra i due metalli.

Fu scelto il metodo elettrolitico perchè sembrò quello che potesse dare la migliore adesione fra i due strati metallici senza ricorrere alla pressione.

La diffusione fu poscia provocata riscaldando (in forno elettrico a resistenza ed in corrente di idrogeno) i fili così ottenuti, ad una temperatura inferiore alla minima possibile temperatura di fusione del sistema.

Bisognava ora considerare la possibilità dell'intervento di pressioni interne generantisi nel sistema per effetto del riscaldamento ad alte temperature (800-1000°) del filo a due strati, preparato, come fu detto sopra, a temperatura ordinaria. Pressioni di tal genere potrebbero evidentemente destarsi quando il metallo formante il nucleo fosse più dilatabile di quello costituente l'involucro.

Dietro mia preghiera, tale questione fu esaminata dal mio amico, il prof. T. Levi-Civita, il quale ha assegnato l'espressione generale degli sforzi, che secondo i casi possono essere pressioni o trazioni, in funzione dei coefficienti di dilatazione e delle costanti elastiche dei due materiali. Da calcoli approssimativi risulta che, in determinati casi, tali pressioni potrebbero raggiungere valori assai elevati.

Io ho pertanto operato in modo da sottrarmi a tale intervento di pressioni interne, mettendo come nucleo il metallo meno dilatabile, cosicchè alla superficie di contatto non possono, all'inizio del riscaldamento, generarsi pressioni. Il calcolo mostra poi più precisamente che, in condizioni di equilibrio, anche ad alta temperatura si esercitano sforzi che hanno carattere di trazioni e non di pressioni.

I coefficienti di dilatazione lineare dei metalli impiegati sono i seguenti [1]:

Rame	a 20°	0,000017	;	a 1000°	0,000020
Nichel	» »	0,000013	;	» »	0,000018
Argento.	» »	0,000019	;	» »	0,000020
Oro	» »	0,000014			

Avendo dunque preso come filo interno, nella prima coppia il nichel, nelle due ultime l'oro, siamo sempre nelle condizioni richieste.

[1] Landolt-Börnstein, Physik. Chem. Tabellen, 3ª ediz., pag. 199.

Come proprietà indicatrice fu impiegata, come si disse, la resistenza elettrica. È noto infatti che l'aggiunta di un metallo ad un altro, quando vi si sciolga allo stato solido, ne abbassa la conduttività elettrica e, in genere, assai notevolmente. Quando le soluzioni solide possono formarsi in tutti i rapporti, la curva delle conduttività in funzione delle concentrazioni è una curva continua che presenta un minimo assai piatto. Così si comportano tutte le tre coppie studiate. Per la coppia rame-nichel tale proprietà viene utilizzata poichè le leghe corrispondenti al minimo sono quelle che formano la costantana, che si usa nella pratica per farne resistenze.

La misura della resistenza era già stata usata in un caso speciale (tallio-piombo) da Masing (loc. cit.). Il modo di operare di questo autore è però del tutto diverso dal nostro in ciò che riguarda la preparazione del filo, che viene formato per compressione a 4000 atmosfere di un miscuglio di polveri dei due metalli e successiva trafilatura. Inoltre, le variazioni di resistenza da lui osservate, sono assai minori di quelle avute da noi, e, a detta dello stesso autore, non era stata evitata l'ossidazione del filo.

I punti di fusione dei metalli impiegati sono:

Rame	1084°
Nichel	1484°
Argento	962°
Oro	1064°

Nel sistema rame-nichel la curva di solidificazione giace tutta fra i due punti di fusione dei componenti. I fili furono dunque scaldati a 1000°.

Nel sistema rame-oro la curva di cristallizzazione presenta un minimo a 880°. Il filo fu scaldato a 800°.

Nel sistema argento-oro, infine, la curva sta tutta fra i due punti estremi. Il filo fu riscaldato a 900°.

I risultati delle esperienze confermarono nel modo più brillante le nostre aspettative; ossia stabilirono un enorme aumento della resistenza elettrica e, conseguentemente, la formazione completa delle soluzioni solide.

Rame-nichel: Un filo preparato elettroliticamente, come fu detto di sopra, di 0,75 mm. di diametro e contenente 58,9 % di rame, presentava su un tratto di 20 cm. una resistenza originaria di 0,0260 ohm. Dopo 135 ore di riscaldamento a 1000°, tale resistenza era cresciuta a 0,2100 ohm e rimase poscia costante; essa giunse cioè ad un valore oltre otto volte maggiore del primitivo. Il filo ha assunto l'aspetto della costantana, tanto esternamente, quanto internamente, come fu dimostrato con osservazioni microscopiche. Che la diffusione sia stata completa è provato dal valore della conduttività specifica finale che è, $2.07.10^4$ rec. ohm a 15°, mentre Feussner [1] per una costantana quasi identica (58,6 % di rame) trova $2,0.10^4$ a 0°.

Rame-oro: Un filo di 0,8 mm. di diametro e contenente 52,5 % di oro presentava, su un tratto di 14 cm., una resistenza originaria di 0,0074 ohm. Dopo 98 ore

[1] Verhandl. d. physik. Ges. Berlin, *10*, 109, (1891). Cfr. Guertler, Z. an. Ch. *51*, 103, (1906), e Kurnakow e Žemczužny, Z. an. Ch. *54*, 149, (1907).

di riscaldamento a 800°, si ebbe un valore di 0,0336 ohm, che rimase poscia costante; si giunse così ad un valore oltre quattro volte e mezzo il primitivo. Come conduttività specifica si calcola $8{,}3 \cdot 10^4$ rec. ohm, valore perfettamente concordante con quello trovato da Matthissen [1] per la lega corrispondente.

Argento-oro: Un filo di 0,96 mm. di diametro e contenente 37,2 % di oro aveva originariamente, su un tratto di 20 cm., una resistenza di 0,0042 ohm. Dopo 110 ore di riscaldamento a 900°, si ebbero 0,0250 ohm, valore che non crebbe più ed è oltre sei volte superiore al primitivo. Come conduttività specifica si deduce $10{,}0.10^4$ rec. ohm, cioè un valore corrispondente a quello di Matthissen (loc. cit.) per la lega di uguale composizione.

Resta così stabilita la formazione relativamente rapida delle soluzioni solide metalliche per diffusione allo stato solido. Rimane da vedere se si possa accelerare notevolmente tale processo di diffusione e farlo avvenire anche a temperature più basse. Come mezzo per raggiungere tali scopi si presenta anzitutto l'aumento della superficie di contatto dei due metalli.

Questo risultato fu da noi ottenuto mediante il deposito elettrolitico alternato di strati sottili dei due metalli. Si eseguirono esperienze sulla coppia rame-nichel. Un filo sottile di rame (0,075 mm. di diametro) venne ricoperto elettroliticamente di 60 strati alternativi, 30 di nichel e 30 di rame, in modo da raggiungere un diametro esterno di 0,625 mm. Un esame micrografico di una sezione del filo a circa 200 ingrandimenti mostrò che i singoli strati dei due metalli erano perfettamente distinti e nettamente visibili, per quanto, in alcuni punti, cresciuti irregolarmente. Lo spessore dei singoli strati diminuisce dal centro alla periferia, lo spessore minimo è circa 2,5 μ.

Tale filo conteneva 52,02 % di rame, e per un tratto di 14 cm. presentava una resistenza primitiva di 0,022 ohm. Dopo due ore di riscaldamento la resistenza crebbe a 0,256 ohm; dopo sei ore raggiunse a 0,268 ohm, e poscia rimase costante. Bastarono quindi 2 ore per avere una resistenza undici volte maggiore della iniziale, e cioè la diffusione praticamente completa. Il lieve aumento ulteriore è evidentemente dovuto al nucleo interno di rame in cui la diffusione è, per necessità, più lenta. L'esame micrografico mostrò che il filo era divenuto omogeneo in tutta la sua sezione.

Fu eseguita anche una esperienza per vedere se con un filo così costituito potesse aversi diffusione anche a temperatura assai più bassa, p. es. a 500°.

Un filo di rame di 0,09 mm. di diametro fu ricoperto, come il precedente, di 60 strati alternati di nichel e di rame, fino ad avere un diametro esterno di 0,475 mm. I singoli strati erano quindi alquanto più sottili che non nel caso precedente. La resistenza originaria era, su un tratto di 14 cm., 0,0270 ohm.; dopo 5 ore di riscaldamento a 500°, era cresciuta a 0,0718, e giunse, dopo 41 ore, a 0,0918 ohm. La diffusione ha quindi luogo con velocità apprezzabile, ma enormemente minore che non a 1000°; infatti dopo 41 ore non ha percorso che circa un terzo del cammino totale.

Di esperienze eseguite con fili a strati molto più sottili e a temperature più basse ancora, sarà detto in un capitolo successivo.

26). *Ricerche su miscele di sali alcalini.* — Parve opportuno eseguire alcune ricerche sulla diffusione allo stato solido fra sali cristallini, non essendo state mai

[1] Pogg. Ann. *110*, 217, (1860). Cfr. Guertler, loro citato.

fatte, a mia conoscenza, esperienze su sostanze di questa natura. Quali sostanze che rispondano alle condizioni indicate nel paragrafo precedente vennero scelti il cloruro potassico ed il cloruro sodico; delle proprietà singolari delle lore miscele binarie fu già detto al § 23.

Rammento che esse si depositano dalle miscele fuse, formando cristalli misti in tutti i rapporti. La curva di fusione relativa è una curva continua che presenta un punto di minimo a 664°, corrispondente circa ad un miscuglio equimolecolare dei due sali. Ricordo pure che tali cristalli misti subiscono per raffreddamento una scissione totale, che per il miscuglio ora detto avviene a 405°. Il miscuglio meccanico ed i cristalli misti si distinguono fra loro per il calore di soluzione in acqua che è di circa — 5700 e, rispettivamente, — 3600 calorìe per una doppia grammimolecola di KCl + Na Cl.

La diffusione fu quindi provocata riscaldando miscugli meccanici, finamente polverizzati, dei due sali, a temperature comprese fra 405° e 664°. Si fecero due serie di esperienze: una a 600°, e la seconda a 500°.

Come proprietà indicatrice della diffusione si utilizzò appunto il calore di soluzione in acqua, la cui diminuzione dopo il riscaldamento doveva indicare la più o meno completa formazione delle soluzioni solide.

Il riscaldamento veniva eseguito introducendo in un forno elettrico a resistenza provette di quarzo contenenti il miscuglio meccanico dei due sali; la temperatura veniva continuamente controllata. Dopo il tempo voluto, la provetta veniva bruscamente raffreddata introducendola in acqua a 15°. La massa cristallina veniva poi polverizzata, e se ne determinava nuovamente il calore di soluzione in acqua.

a) Esperienze di riscaldamento a 600°. Due porzioni del miscuglio meccanico equimolecolare di KCl + Na Cl furono scaldate nel modo anzidetto, una per 2 ore, l'altra per 14 ore. Le determinazioni del calore di soluzione in acqua diedero:

prima del riscaldamento	— 5720	calorìe
dopo 2 ore di riscaldamento	— 4029	»
» 14 » » »	— 3954	»

Si vede che dopo 2 ore si è raggiunto quasi il valore minimo caratteristico per le soluzioni solide; anche continuando il riscaldamento, non si ha più che una ulteriore lievissima diminuzione. La diffusione avviene dunque a 600° con una velocità che possiamo ben dire enorme. La massa cristallina, tolta dalla provetta dopo il riscaldamento e il successivo brusco raffreddamento, aveva assunto un aspetto diverso dal primitivo ed appariva opalina.

b) Esperienze di riscaldamento a 500°. Tre porzioni del solito miscuglio furono riscaldate nel modo sopra indicato, rispettivamente per 5, 24 e 30 ore, e poscia trattate nello stesso modo che nelle esperienze precedenti. Pei calori di soluzione si trovò:

dopo 5 ore di riscaldamento	— 5739	calorìe
» 24 » » »	— 5173	»
» 30 » » »	— 4910	»

Si vede che il primo numero coincide, entro i limiti d'errore, col valore primitivo. Il secondo ed il terzo dimostrano, in modo indubbio, che dopo 24 e 30 ore la diffusione ha proceduto con una velocità abbastanza considerevole, per quanto, come era prevedibile, enormemente minore che non a 600°.

27). *Soluzioni solide e colloidi.* — I più recenti studî sui colloidi hanno condotto alla conclusione che fra le pseudosoluzioni colloidali e le vere soluzioni omogenee non esista che un passaggio graduale e non una brusca opposizione di proprietà. Sospensioni, colloidi e soluzioni sarebbero tutti *sistemi dispersi* e differirebbero solamente nel grado di dispersione più o meno spinta.

Dato un mezzo omogeneo e un certo numero di particelle in esso disperse, se le dimensioni di queste particelle sono relativamente grandi, avremo delle sospensioni o emulsioni ordinarie; se esse raggiungono quei limiti che cadono ancora nel dominio della visibilità ultramicroscopica, avremo i colloidi; se infine il grado di dispersione arriva alle dimensioni molecolari, otterremo le soluzioni vere e proprie.

La definizione di colloide come sistema disperso di un determinato grado di suddivisione è indipendente, oltrechè dallo stato di aggregazione delle particelle disperse, anche da quello del mezzo disperdente. È dunque lecito concepire la possibilità dell'esistenza di soluzioni colloidali solide, come passaggio intermedio fra le sospensioni meccaniche e le soluzioni vere e proprie.

Questo concetto enunciato nel 1907 da Wo. Ostwald jun., il quale in un suo lavoro « sulla sistematica dei colloidi » [1] così si esprime: « Esempî di sistemi eterogenei bifasici dispersi, nei quali tanto il mezzo disperdente quanto la fase dispersa siano solidi, si possono trovare p. es. in molti fenomeni osservati nel campo della mineralogia e della petrografia... Inoltre si possono dimostrare, in molte leghe solidificate, strutture disperse di un metallo in un altro; ciò vale notoriamente pel carbonio nei ferri assai ricchi di carbonio. Se ci accostiamo ai sistemi a dispersione molecolare, avremo i cristalli, misti, ecc., in genere le soluzioni solide di van 't Hoff ».

Queste idee vennero poi riprese e svolte più ampiamente da P. P. von Weimarn [2], il quale richiama a considerazioni fatte mezzo secolo fa da Frankenheim [3] sulla costituzione dei cristalli misti isomorfi.

La applicazione diretta di tali concetti a fatti sperimentali venne tentata per la prima volta da C. Benedicks [4] il quale, già due anni prima di Ostwald jun., aveva ammessa la esistenza di una soluzione colloidale solida in certi acciai.

È noto come le leghe ferro-carbonio (acciai) che contengono 0,85 % di carbonio al di sopra di 695° siano costituite esclusivamente da cristalli misti (martensite) i quali possono essere conservati a bassa temperatura quando la massa sia raffreddata assai rapidamente (temprata). Quando invece il raffreddamento sia assai lento, o il pezzo sia riscaldato di nuovo sotto 695° (ricotto), si ha invece la così detta perlite

(1) Kolloïd-Zeitschrift, *1*, 291, 332 (1907). Ved. pure la recensione dallo stesso fatta del mio libro *Feste Lösungen und Isomorphismus*, nella stessa Rivista, *4*, 154, (1909).

(2) Journ. soc. chim. russ., *39*, 1461 (1907); Kolloïd-Zeitschrift, *7*, 35, (1910); *8*, 64, (1911).

(3) Ann. d. Phys., *3*, 1-60 (1860).

(4) Z. ph. Ch. *52*, 733, (1905); Kolloïd-Zeitschrift, 7, 290, (1910); Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsal., (4), *2*, n. 10, (1910).

che è un eutectoide di ferrite (ferro puro) e cementite (carburo Fe_3C). Questo eutectoide è a grana assai fine, i singoli strati avendo distanze intorno a 0,2 μ. Quando una lega della composizione su citata venga raffreddata con rapidità intermedia o venga ricotta moderatamente, si scorge all'esame micrografico un terzo costituente: la troostite, sulla natura della quale lunghe e vivaci furono le discussioni fra i metallografi.

Già da varî autori, e particolarmente da Osmond, era stata emessa l'opinione che la troostite rappresentasse uno stato intermedio fra la martensite e la perlite. Benedicks ammise che la troostite non sia altro che perlite in uno stato di estrema suddivisione, in cui le particelle di cementite siano ultramicroscopiche. Essa prenderebbe origine nella incipiente scissione dei cristalli di martensite, quando i germi di cementite non giungono ad ingrossarsi sufficientemente, cosicchè la massa appare omogenea al microscopio.

Contro le obbiezioni del Le Chatelier, Benedicks potè portare fatti convincenti, dimostrando, fra altro, che troostite e perlite coincidono in molte proprietà fisiche, che sono invece diverse da quelle della martensite. Esse sarebbero dunque identiche come costituzione intima, differendo solo nel grado di divisione; il passaggio dalla prima alla seconda viene da Benedicks paragonato alla coagulazione di una soluzione colloidale solida di cementite in ferrite. Le dimensioni delle particelle sono certo piccolissime, poichè nella perlite, che rappresenta già un prodotto di coagulazione, scendiamo, come fu già accennato, a 0,2 μ.

Un altro esempio venne trovato da Benedicks in certe leghe ferro-nichel. Come è noto, i ferri meteorici che contengono circa 10 % di nichel presentano le così dette strutture di Widmanstätten, che risultano dalla presenza di due costituenti diversi: la camacite e la taenite, che assieme formano un aggregato eutectoide detto plessite. Il caso è analogo al precedente: la plessite corrisponde alla perlite; la camacite e la taenite corrispondono rispettivamente alla ferrite e alla cementite.

Ora leghe della composizione anzidetta si preparano su larghissima scala nella tecnica degli acciai al nichel. Questi non presentano però la struttura del ferro meteorico: ma, anche osservate al microscopio, si mostrano costituite solamente da cristalli misti omogenei. Benedicks riuscì però con un raffreddamento estremamente lento a preparare campioni in cui si osservano traccie di scissione. La conduttività elettrica è uguale sensibilmente a quella trovata da Ruer negli acciai al nichel. Benedicks suppone quindi che si abbia a che fare con un sistema colloidale, in cui la scissione sia già avvenuta, ma in cui il grado di dispersione sia ancora tanto grande da non essere accessibile alla visione microscopica.

In una nota presentata alla R. Accademia di Padova [1] feci notare come tale teoria sia ingegnosa e seducente e come, senza volerne esagerare la portata, debba ammettersi che essa mostra un parallelismo interessante fra i due ordini di fenomeni ed appaia quindi accettabile. Osservai che forse appunto per lo stato solido sarebbe possibile la realizzazione di sistemi intermedî fra le soluzioni vere e proprie ed i miscugli meccanici, con facilità relativa e maggiore che non per gli altri stati di aggre-

[1] Bruni, *36*.

gazione. Dissi che, fra altro, avrebbe probabilmente potuto condurre a tale scopo il metodo elettrolitico.

Mi proposi di compiere ricerche per contribuire alla conoscenza di questi sistemi dispersi solidi che possono condurre per diffusione a vere soluzioni solide o derivare da esse per graduale scissione.

Una prima serie di esperienze costituisce una estensione delle ricerche già esposte nel § 25, relative a leghe metalliche, e furono anch'esse eseguite assieme con D. Meneghini. Ne espongo qui brevemente i risultati che non furono ancora pubblicati altrove.

Si disse prima come in un filo costituito a molti strati alternati sottili di rame e nichel la diffusione proceda assai più rapidamente che in quelli in cui non vi è che un nucleo ed un involucro. Ci proponemmo di procedere più innanzi in questa via. Il mezzo impiegato fu sempre quello elettrolitico. Si presero alcuni fili di rame del diametro di 0,02 mm. e si immersero successivamente e alternativamente in un bagno di nichelatura e in uno di ramatura, tenendoveli per un minuto e facendo passare una debolissima corrente. Prima di passarli da un bagno all'altro, venivano lavati bene per immersione in acqua pura. Il tempo di ogni immersione, per quanto breve, è più che sufficiente a dare ogni volta un ben completo ed aderente strato del relativo metallo.

La preparazione di tali fili è un lavoro assai difficile, data la estrema fragilità che essi acquistano, e fu compiuto con grande pazienza ed abilità dal dott. Ugo Tagliavini, allora laureando in chimica, a cui faccio di nuovo i miei ringraziamenti. Si riuscì così, dopo varî tentativi, ad ottenere tre fili, di cui due di 560 strati e uno di 540 strati, metà di rame e metà di nichel: li distingueremo coi numeri I, II, III; il diametro medio di tali fili è di circa 0,25 mm.; presenta però notevoli oscillazioni per la irregolare cresciuta dei fili e per la loro porosità. Siccome lo spessore dei singoli strati va diminuendo dal centro alla periferia, si calcola che le lamelle metalliche esterne debbano avere uno spessore non superiore a 0,1 μ, ossia ad una dimensione che viene comunemente riguardata come il limite superiore delle dimensioni delle particelle colloidali [1].

Era da aspettarsi che la diffusione dovesse avvenire con molto maggiore rapidità ed a temperatura assai più bassa che non pel filo di 60 strati studiato prima. La previsione fu infatti verificata.

Filo I: conteneva 59,0 % di rame; se ne misurò la resistenza su 25 cm.; si ebbe:

Resistenza iniziale	0,285 ohm
dopo 3 ore, a 200°	0,315 »
dopo 22 ore, a 200°	0,365 »
dopo altre 22 ore, a 400°	0,860 »
dopo 44 ore, a 400°	1,632 »

Quest'ultimo valore rimase praticamente inalterato anche dopo altre 17 ore di riscaldamento a 550°.

[1] Wo. Ostwald, *Grundriss d. Kolloidchemie*, 2ª ediz., 1911, pp. 32-36.

Filo II: conteneva 57,8 % di rame; se ne misurò pure la resistenza su 25 cm.; e si ottenne:

Resistenza iniziale	0,270 ohm
dopo 6 ore, a 100°	0,285 »
dopo 27 ore, a 100°	0,308 »
dopo altre 15 ore, a 300°	0,430 »
dopo altre 22 ore, a 400°	1,430 »
dopo altre 9 ore a, 550°	1,580 »

Quest'ultimo valore rimase costante, anche continuando il riscaldamento a 550°.

Si vede che la diffusione è già osservabile a 100°, più sensibile a 200° e a 300°, e procede già con grande rapidità a 400°. Si volle vedere se se ne potesse osservare traccie anche a temperatura ordinaria.

Filo III: A tale scopo esso fu teso fra due morsette di rame fisse su un telaietto di rame, e fu verniciato per sottrarlo all'azione degli agenti atmosferici. La lunghezza compresa fra le due morsette era di cm. 18,3. La sua resistenza iniziale era di 0,210 ohm a 19°,8. Fu lasciato a temperatura ordinaria, e se ne misurò di tempo in tempo la resistenza, che però non variò affatto. Infatti dopo 210 giorni esso dava ancora 0,208 ohm a 18°. Il filo viene ancora conservato, e verrà sperimentato ulteriormente.

Io mi propongo di tentare di scendere ancora più basso colle dimensioni degli strati elettrolitici, sia diminuendo la corrente, sia abbreviando il tempo di immersione nei singoli bagni. Esperienze preliminari mi persuadono che si può giungere almeno a strati dello spessore di 0,02 μ, dimensioni che corrispondono a quelle dei granuli di colloidi assai dispersi.

Un secondo contributo allo studio dei colloidi solidi fu dato nel lavoro sulla diffusione in miscele di KCl e NaCl, citato nel paragrafo precedente. Esso si basa sui seguenti ragionamenti ed esperienze.

La presenza di sistemi colloidi solidi deve aspettarsi anzitutto laddove delle soluzioni solide omogenee, trasportate in un campo in cui esse siano instabili, subiscano un processo di decomposizione. In tal caso il grado di dispersione delle due fasi solide deve essere assai maggiore di quello che si può raggiungere con una mescolanza meccanica, per quanto intima. Realmente i due sistemi studiati da Benedicks, troostite e plessite, si sono appunto formati per scissione lenta delle corrispondenti soluzioni solide separate dalle masse fuse.

Sistemi colloidi solidi di questa natura si debbono perciò poter ottenere, nel caso nostro, in due modi:

a) per raffreddamento lento di masse fuse e poi solidificate;

b) per riposo prolungato di miscele fuse e poi raffreddate bruscamente, ossia per scissione lenta a bassa temperatura dei cristalli misti temprati.

Si può anche prevedere che questo secondo modo dovrebbe condurre ad un grado di dispersione assai maggiore non che il primo.

Se ora tali previsioni sono confermate, si può anche attendersi che questi sistemi colloidi solidi si trasformino, riscaldati a pari condizioni, in soluzioni solide con

velocità assai maggiore che non le miscele meccaniche ordinarie prima sperimentate; e più presto nel secondo caso che non nel primo. Entrambe queste previsioni sono state verificate e confermate dai fatti.

a) Una certa quantità del solito miscuglio meccanico di KCl + Na Cl fu divisa in due porzioni A e B. A fu lasciata tal quale; B fu fusa, lasciata solidificare e raffreddare con grande lentezza, e polverizzata. Di entrambe fu misurato il calore di soluzione.

Diedero:

A: — 5715 cal. B: — 5590 cal.

Ossia, la scissione dei cristalli misti è stata, in B, pressochè completa.

Entrambe le porzioni furono ora scaldate contemporaneamente nello stesso forno e per lo stesso tempo: 24 ore; poi entrambe furono raffreddate bruscamente, polverizzate, e se ne misurò di nuovo il calore di soluzione. Diedero:

A: — 5173 cal. B: — 4768 cal.

L'abbassamento del calore di soluzione (e quindi la diffusione) è stato in A circa doppio che in B, come appunto si prevedeva.

b) Una miscela come le precedenti venne fusa e temprata, e poscia lasciata a sè; dopo 11 giorni i frantumi più fini davano un calore di soluzione — 5525 cal.

La scissione dei cristalli misti era adunque quasi completa. Sotto questo aspetto tale polvere non differiva quasi affatto dalla porzione B usata nell'esperienza precedente: noi prevediamo, però, che il suo grado di dispersione sia assai maggiore.

Essa infatti, scaldata per sole quattro ore a 500°, diede come calore di soluzione: — 4222, ossia, l'abbassamento del calore di soluzione, e quindi la diffusione, sono stati qui enormemente più rapidi che non nell'esperienza A e anche in quella B.

Queste esperienze non possono certo venir considerate come dimostrazioni definitive della teoria dei colloidi solidi. Esse però indubbiamente dimostrano che i fatti sperimentali stanno in accordo con le previsioni che da questa teoria si possono trarre.

V.

Analisi termica di miscele binarie di sali inorganici.

28) *Generalità. Scopo delle ricerche.* — In un rapporto letto nel 1906 al Congresso internazionale di chimica a Roma [1], ed in una conferenza tenuta a Breslavia [2] nell'anno successivo, io ebbi occasione di esporre ampiamente le mie vedute sulla discussa questione dell'isomorfismo e non intendo ripetere qui ciò che dissi allora.

Mi limito a rammentare come facessi allora rilevare che a stabilire leggi generali non possono ritenersi sufficienti le ricerche cristallografiche propriamente dette.

[1] Bruni, *31.*

[2] Bruni, *32.*

La cristallografia è infatti uno strumento di valore assai inuguale; mentre i suoi metodi sono di una grande precisione e sicurezza dove essi arrivano, essa soffre di una enorme limitazione d'impiego, poichè non riesce a studiare convenientemente se non cristalli che si sono deposti entro limiti assai ristretti di condizioni esteriori.

Infatti si può dire che quasi tutte le nostre cognizioni sull'isomorfismo dei sali inorganici si basano sulla osservazione delle forme dei cristalli deposti da soluzioni, e quasi sempre da soluzioni acquose dei corpi in questione. Ciò significa che queste cognizioni si limitano a cristalli che sono prodotti entro una zona estremamente limitata di temperature. Per cristalli artificiali formati in altre condizioni, e sopra tutto da masse fuse a temperature elevate, non si hanno che nozioni rarissime ed imprecise. Sulla capacità di tali corpi inorganici a dare cristalli misti non si avevano, sino a poco tempo addietro, se non scarse osservazioni, di carattere per lo più qualitativo, che si riferivano sempre alla formazione di tali cristalli misti da soluzioni acquose a bassa temperatura.

È ovvio che dovessero riuscire insufficienti, a stabilire leggi generali, cognizioni di questa natura che abbracciano solo una così limitata porzione dell'immenso campo di condizioni fisiche in cui possono prendere origine cristalli, sia pure misti. E soprattutto dovevano ritenersi senza valore le conclusioni di carattere negativo che dai metodi suesposti potevano esser tratte.

Tale insufficienza è tanto più evidente ora che si è riconosciuto quale influenza preponderante abbia la temperatura nel determinare la capacità a dare soluzioni solide. Esaminiamo p. es. il caso della coppia nitrito sodico - nitrato sodico. L'esame coi metodi soliti avrebbe trovato che questi due sali hanno forme cristalline affatto diverse, e che dalle loro soluzioni acquose miste si separano ciascuno in cristalli perfettamente puri; ed avrebbe quindi potuto concludere che tra queste due sostanze non esiste relazione alcuna. Vedremo nel paragrafo successivo quanto errata sarebbe stata tale conclusione.

Ma il caso più tipico e più istruttivo è quello della coppia cloruro sodico - cloruro potassico e delle corrispondenti coppie di bromuri e joduri. Krickmeyer [1] aveva trovato che questi sali, come altri sali sodici coi corrispondenti potassici, non dànno cristalli misti dalle soluzioni acquose. In base a questo, molti cristallografi avevano escluso che si potesse parlare di isomorfismo fra sali sodici e sali potassici.

La questione fu chiarita dalle importantissime ricerche di Kurnakow e Žemczužny delle quali fu già discusso ampiamente ai §§ 23, 26, 27. Essi trovarono che dalle masse fuse si depositano cristalli misti in tutti i rapporti, che si scindono a temperatura più bassa. Qui siamo dunque di fronte a due sostanze che, senza presentare alcuna variazione di forma cristallina col riscaldamento, a temperature alte divengono capaci di dare cristalli misti; ciò che non fanno a temperature più basse.

Tutto ciò dimostra la necessità urgente di allargare le nostre cognizioni, e di esaminare il comportamento reciproco del maggior numero possibile di composti inorganici alle temperature elevate: ciò che può farsi seguendo i metodi della così detta analisi termica. Questi metodi possono condurre a scoprire, oltrechè i rapporti di iso-

[1] Z. ph. Ch. *21*, 53, (1896).

morfismo e di isodimorfismo dei corpi considerati, anche la loro capacità a combinarsi fra loro.

Per queste ragioni le ricerche di questo genere sono andate negli ultimi, e sopratutto negli ultimissimi tempi moltiplicandosi in modo straordinario. Mentre la 3ª edizione delle Physikalisch-chemische Tabellen di Landolt-Börnstein, pubblicata nel 1903, non conteneva che pochi dati incompleti relativi alla fusione di miscele saline, il corrispondente capitolo della 4ª edizione ora in stampa, preparato da me e chiuso al 30 giugno 1911, comprende non meno di 145 diagrammi completi di solidificazione di coppie di sali, di cui ben 40 studiate nel mio Istituto.

Ricerche su curve di solidificazione di miscele di sali fusi furono, su mia iniziativa, eseguite fino dal 1904 a Bologna, da Padoa e Tibaldi [1], sulla coppia cloruro mercurico joduro mercurico. Io eseguii poi, con D. Meneghini, lo studio del sistema nitrito sodico - nitrato sodico, a cui il dott. Meneghini aggiunse quello del sistema nitrito potassico - nitrato potassico, non ancora pubblicato.

Due assai ampie e comprensive serie di ricerche sperimentali furono eseguite nel mio Istituto da C. Sandonnini e da M. Amadori: le ricerche del dott. Sandonnini sono ormai in gran parte pubblicate; quelle del dott. Amadori non lo sono che in piccola parte. Dei risultati di esse darò, nei paragrafi seguenti, un riassunto colle considerazioni teoriche che se ne possono trarre.

29) *Nitriti e nitrati alcalini.* — Fu già detto come io avessi trovato, assieme con Callegari, che alcuni derivati organici contenenti il gruppo nitrosilico dànno soluzioni solide coi corrispondenti nitroderivati. Questo fatto fu poi confermato da osservazioni cristallografiche di Jaeger (loc. cit.). Io espressi allora la supposizione che la tendenza a dare cristalli misti si ritroverebbe anche fra sali inorganici degli acidi nitroso e nitrico.

Per vedere se questa supposizione rispondesse al vero, fu studiato, assieme con D. Meneghini [2], il diagramma completo di solidificazione delle miscele di nitrito e nitrato sodico. Si trovò che la curva di cristallizzazione primaria scende, dal punto di solidificazione del $NaNO_3$ puro (312°), fino ad un minimo appiattito che corrisponde circa a 50 % dei due componenti e a 221°,5; risale poi assai lentamente, finchè, a 63 % di $NaNO_2$ e 225°,5, presenta un forte gomito e di qui sale poi al punto di fusione del $NaNO_2$ puro (284°,5).

Questo ultimo numero non fu determinato direttamente, non potendosi avere nitrito sodico assolutamente puro; il più puro che potemmo avere conteneva ancora 1,5 % di $NaNO_3$ e fondeva a 281°,5. Per estrapolazione si ha il numero dato di sopra.

Il gomito di cui si disse prima, indica che dalle miscele fuse si separano due sorta di soluzioni solide. Le miscele contenenti da 0 a 63 % $NaNO_2$ separano cristalli misti, del tipo del nitrato; quelle contenenti da 63 a 100 % $NaNO_2$ dànno cristalli misti del tipo del nitrito.

La composizione delle soluzioni solide corrispondenti alle singole miscele fuse non può esser dedotta per via termica dagli intervalli di cristallizzazione, poichè questi non si lasciano mai osservare con precisione; ma dovette esser dedotta direttamente, mediante analisi dei primi cristalli separati. Si accertò così che, conforme-

[1] Padoa e Tibaldi, *42*.

[2] Bruni e Meneghini, *33*.

mente alla teoria, tutte le miscele comprese fra $NaNO_3$ ed il minimo dànno cristalli misti più ricchi in $NaNO_3$ che non le masse fuse; tutte quelle comprese fra il minimo e $NaNO_2$ dànno invece soluzioni solide più ricche in $NaNO_2$. Esiste una lacuna nella composizione delle soluzioni solide in corrispondenza al gomito; essa va da 65 a 70,5 per cento. Anche dal solo punto di vista della teoria delle fasi, questo tipo di curve di equilibrio è assai interessante, ed era nuovo per sistemi binarii (1).

Dopo queste osservazioni si passò a studiare il comportamento reciproco dei due sali a bassa temperatura, e cioè come essi si separino dalle loro soluzioni acquose miste. Si trovò che entrambi i sali cristallizzano completamente puri. Anche i cristalli misti separati dalle miscele fuse si scompongono per raffreddamento lento, e solo sottoponendoli ad un raffreddamento brusco possono essere portati a temperatura ordinaria. Del loro calore di formazione fu già detto al § 23.

Il dott. Meneghini studiò poi l'altro sistema: nitrito potassico - nitrato potassico, e pubblicherà presto i risultati delle sue esperienze. La curva di solidificazione non potè essere seguìta per intero, non essendo riuscito possibile ottenere un nitrito potassico contenente meno di 10,1 % di nitrato. Nel largo tratto esplorato tale curva si mostra continua e presenta un minimo appiattito intorno al 15 % di $NaNO_2$.

Il punto di trasformazione del nitrato potassico (120°) viene notevolmente abbassato per aggiunta del nitrito, talchè al 15 % esso giunge a 90°. Ciò dimostra ancora che il nitrito entra in soluzione solida, almeno nei cristalli che si depositano dalle masse fuse. I cristalli misti si distruggono a bassa temperatura, come avviene pei sali sodici.

30) *Cloruri di metalli monovalenti.* — I metalli monovalenti sono quelli che meglio di tutti si prestano ad uno studio schematico: e fra i loro varî sali i cloruri, perchè i più stabili e i più facilmente accessibili. Una ricerca piuttosto ampia era stata già eseguita da Kurnakow, Žemczužny e Rambach (2), i quali studiarono tutte le miscele binarie dei cloruri di metalli alcalini, giungendo a risultati assai interessanti, i quali verranno qui utilizzati.

Restavano però da ricercare le relazioni, coi cloruri, degli altri elementi del primo gruppo del sistema periodico e di quelli altri elementi che, pure avendo una valenza limite superiore ad uno, dànno anche composti della serie monovalente. Questa ricerca fu compiuta ora da C. Sandonnini (3).

Potevano entrare in considerazione i seguenti dieci cloruri:

$LiCl$, $NaCl$, KCl, $RbCl$, $CsCl$, $CuCl$, $AgCl$, $AuCl$, $HgCl$, $TlCl$.

Di questi, dovettero essere esclusi: il cloruro mercuroso, per la sua eccessiva volatilità, ed il cloruro auroso per la facile decomponibilità. Quanto al cloruro di cesio, Žemczužny dimostrò che esso si comporta, almeno cogli altri alcalini come quello di rubidio; data quindi la difficoltà di procurarsi la quantità necessaria di questo sale, si risolse di lasciarlo per ora in disparte.

(1) Cfr. Duhem, Thermodinamique et Chimie, 2ª ediz., Paris 1910: prefazione pag. x, e pagina 323.

(2) Kurnakow e Žemczužny, Z. an. Ch. *52*, 186 (1907); Žemczužny, Z. an. Ch. *57*, 266 (1908); Žemczužny e Rambach, Z. an. Ch. *65*, 403, (1910).

(3) Sandonnini, *45*, *46*, *49* e *50*.

Restavano quindi gli altri *sette* cloruri, i quali possono dar luogo a *ventuno* coppie. *Sette* di queste erano già state studiate dai chimici russi; le altre *quattordici* lo furono ora da Sandonnini, parte da solo, parte con P. C. Aureggi. I risultati di queste ricerche sono riassunti nel quadro seguente, in cui sono usate le medesime abbreviazioni già usate altra volta:

V semplice eutectico
X—X cristalli misti in tutti i rapporti
X X " " con lacuna.

Il segno dell'eutectico sotto quello dei cristalli misti indica che questi ultimi, separatisi da una miscela fusa, si scindono per raffreddamento.

Sono indicate con (K) le coppie studiate dagli scienziati russi, con (S) quelle studiate da Sandonnini.

	Li Cl	Na Cl	Cu Cl	Ag Cl	K Cl	Rb Cl	Tl Cl
Li Cl	(K) X — X	(S) X X	(S) X X	(K) V	(K) V	(S) V	
Na Cl		(S) X X	(S) X — X	(K) X — X V	(K) V	(S) V	
Cu Cl			(S) X X	(S) 2KCl . CuCl	(S) 2RbCl . Cu Cl 2RbCl . 3CuCl	(S) 2TlCl . CuCl	
Ag Cl				(K) V	(S) V	(S) 2AgCl . 3TlCl	
K Cl					(K) X — X	(S) X — X	
Rb Cl						(S) X X	
Tl Cl							

Da questo quadro riassuntivo si rileva anzitutto una notevole regolarità nei risultati e l'accordo di questi colle previsioni che si possono trarre dal sistema periodico. Infatti si scorge subito che gli elementi considerati possono essere divisi in due sottogruppi: il primo comprende il litio ed i tre elementi della serie pari: sodio, rame e argento; il secondo gli elementi della serie dispari: potassio e rubidio ed inoltre il tallio, e con essi sta senza alcun dubbio il cesio.

In realtà le sei miscele binarie costituite dai primi quattro cloruri dànno tutte luogo a formazione di cristalli misti stabili, o in tutte le proporzioni o in rapporti

assai larghi. Lo stesso fanno le tre miscele degli ultimi tre cloruri, a cui sono da aggiungere almeno le due del cloruro di cesio con quelle di potassio e di rubidio.

Invece, delle dodici coppie che si ottengono combinando i quattro cloruri del primo sottogruppo coi tre del secondo, una sola dà cristalli misti che però si scindono a freddo. Si tratta della coppia Na Cl-KCl, del cui singolare comportamento venne ormai molte volte discusso; tale comportamento, del resto, corrisponde perfettamente alla posizione reciproca del sodio e del potassio. Le altre undici, o dànno semplici eutectici, o composti ben definiti; ad ogni modo, fra i cloruri del primo e quelli del secondo sottogruppo non esistono relazioni di isomorfismo, salvo che quelle fra sodio e potassio.

Quanto alla tendenza a combinarsi, essa è spiccata solo pel cloruro rameoso, che dà composti coi tre cloruri di potassio, rubidio e tallio. Con tutti si ha un complesso del tipo $CuCl \cdot 2MCl$; inoltre, col cloruro di rubidio, un secondo della formula $3CuCl \cdot 2RbCl$. La tendenza a combinarsi sembra dunque crescere dal potassio al rubidio; sembrano perciò interessanti, e sono già in corso ricerche sulla coppia: cloruro di cesio-cloruro rameoso. Il cloruro di argento si combina col solo cloruro talloso; ciò che può sembrare strano, data la minore elettroaffinità del tallio monovalente rispetto al potassio ed al rubidio.

Alcuni dei composti trovati erano già stati preparati per via umida a bassa temperatura, come quello $CuCl \cdot 2KCl$. Altri furono preparati per la stessa via da Sandonnini, e saranno da lui descritti prossimamente. Fra essi, quelli del cloruro rameoso coi cloruri di rubidio e tallio. Dell'esistenza di altri a temperatura ordinaria, ed anche in soluzione, si hanno indizî da misure di solubilità (1).

Appare ora interessante il confronto delle relazioni messe ora in luce fra i cloruri e quelle che si possono avere fra i metalli stessi e fra altri loro sali. Quanto ai metalli, assai poche coppie sono state studiate, e fra esse quella sodio-argento nel mio Istituto da E. Quercigh (2).

Dalle scarse notizie che si hanno è assai difficile ricavare regolarità: sembra però che l'isomorfismo e la tendenza a dare cristalli misti siano meno sviluppati che non nei composti. Infatti, anche fra argento e rame si formano cristalli misti in rapporti assai limitati; l'argento dà pure cristalli misti in piccola proporzione e da un solo lato col sodio e col tallio. Il sodio ed il potassio sembra che dieno un composto, ad ogni modo non dànno soluzioni solide. Il tallio, col sodio e col potassio, dà due composti, KTl e NaTl; e lo stesso metallo non è miscibile nemmeno allo stato liquido col rame. Delle altre coppie possibili, nulla si sa. Seppure un certo numero di

(1) *Nota aggiunta durante la correzione delle bozze.*

In questo frattempo il dott. Sandonnini ha effettivamente studiate le tre coppie del cloruro di cesio con CuCl, AgCl, e TlCl, cosicchè, unendovi le quattro del cloruro medesimo cogli altri alcalini già studiate da Žemczužny e Rambach, si posseggono i dati relativi a tutte le *ventotto* coppie possibili fra gli otto cloruri considerati.

I risultati avuti coi sistemi ora accennati confermano le previsioni. Il cloruro di cesio dà soluzioni solide in tutti i rapporti o quasi coi tre cloruri del suo sottogruppo, KCl, RbCl, TlCl; non dà che semplici eutettici coi cloruri di litio e di sodio; dà poi col cloruro rameoso due composti $CsCl \cdot 2CuCl$ e $3CsCl \cdot 2CuCl$ e finalmente, unico fra i cloruri alcalini, dà un composto col cloruro d'argento della composizione probabile Ci Cl. AgCl.

(2) Z. an. Ch., *68*, 301 (1910).

esse sarà difficilmente accessibile alla ricerca, tuttavia una estensione delle nostre cognizioni su questo punto appare assai desiderabile.

Quanto agli altri sali, solo per i nitrati e per i solfati si hanno due serie un po' considerevoli di lavori. I primi furono studiati da allievi di Roozeboom (1), gli ultimi da Nacken (2). Tanto per gli uni quanto per gli altri, tolti i sali rameosi, sarebbero possibili *quindici* coppie; per ciascuna delle due serie ne sono invece state studiate solo *sei*, e precisamente: pei nitrati quelle che si ottengono coi nitrati di sodio, argento, potassio e tallio; pei solfati, quelle formate dai solfati di litio, sodio, argento e potassio.

Ad ogni modo, il confronto è interessante, e, pei nitrati, risulta dai due quadri seguenti:

Cloruri

Na Cl	X — X	X — X / V	V
Ag Cl	V	2AgCl . 3TlCl	
KCl	X — X		
Tl Cl			

Nitrati

$NaNo_3$	X X	X X	V
$AgNO_3$	$KNO_3 . AgNO_3$	$AgNO_3 . TlNO_3$	
KNO_3	X X		
$TlNO_3$			

Da questo raffronto si vede che la concordanza è pressochè completa. Il comportamento delle coppie di nitrati coincide con quello delle coppie di cloruri, salvo che per quelle argento-potassio per le quali i cloruri dànno un semplice eutectico ed i nitrati dànno un composto definito.

I due quadri successivi dànno un analogo confronto fra cloruri e solfati.

Cloruri

Li Cl	X — X	X X	V
Na Cl	X — X	X — X / V	
Ag Cl	V		
KCl			

Solfati

Li_2SO_4	X — X	X — X	$Li_2SO_4 . K_2SO_4$ X O
Na_2SO_4	X — X	$K_2SO_4 . Na_2SO_4$ X — X	
Ag_2SO_4	X — X / V		
K_2SO_4			

(1) Van Eyk, Z. ph. Ch., *30*, 430 (1889), e *51*, 721 (1905); Hissink, *32*, 537 (1900); Ussow, Z. an. Ch., *38*, 419 (1904).

(2) Neu. Jahrb. f. Mineral., Beil. B., *24* (1907).

La comparazione è qui anche più interessante; si ha pure accordo nelle linee generali, con uno spostamento per i solfati verso una maggiore miscibilità allo stato solido, dovuta probabilmente alla più elevata temperatura di fusione. Infatti, per la coppia Li-Ag, i cloruri dànno cristalli misti in proporzioni limitate, ed i solfati in tutti i rapporti; per la coppia Li-K i cloruri dànno un semplice eutectico e i solfati dànno un composto con formazione di cristalli misti ma scindibili a bassa temperatura. Anche qui però sarebbe assai bene estendere le ricerche.

Per altri sali si hanno solo cognizioni affatto sporadiche ed insufficienti. Estremamente interessante sarebbe lo studio delle relazioni fra i diversi idrati alcalini. A questo proposito si ha un lavoro di von Hevesy ([1]), i cui risultati non appaiono però accettabili senza riserva. Appare pure meritevole di interesse uno studio approfondito dei carbonati alcalini, per alcuni dei quali si hanno misure, ormai vecchie ed insufficienti, di Le-Chatelier ([2]).

Ad ogni modo, anche il già fatto ci dà ormai un quadro abbastanza completo e soddisfacente.

31. *Cloruri di metalli bivalenti.* — Per gli elementi bivalenti la scelta dei composti utilizzabili per una ricerca sistematica delle relazioni di isomorfismo è necessariamente assai limitata. Rimangono infatti esclusi senza eccezione gli idrati, i nitrati ed i carbonati, per la decomposizione che essi subiscono prima di fondere. Per alcuni elementi potrebbero essere studiati i solfati (per es. $CaSO_4$, $MgSO_4$, $PbSO_4$), od eventualmente i cromati; ma non si potrebbero mai avere serie molto estese. Forse una serie alquanto più completa ed interessante per i rapporti coi composti che si trovano nel mondo minerale si potrebbe avere coi solfuri. Grande interesse presenta, per la stessa ragione, lo studio dei silicati di questi elementi; ed effettivamente alcune coppie (sei) furono sperimentate. Sembra che questi composti abbiano una molto maggiore tendenza di tutti gli altri a dare soluzioni solide, forse per la loro alta temperatura di fusione. Si deve però ricordare che si tratta di misure sempre incerte per la grande facilità con cui i silicati dànno soprafusioni enormi passando allo stato vetroso.

Per poter fare una ricerca un po' ampia bisogna però ricorrere necessariamente ai composti alogenati e particolarmente ai cloruri. Una ricerca di questa natura fu eseguita nello scorso anno da C. Sandonnini ([3]), in parte assieme con G. Scarpa; i risultati furono in gran parte pubblicati, e per il resto sono in corso di pubblicazione. Contemporaneamente, ed a nostra insaputa, venivano pubblicati due lavori di Hermann ([4]) e di Menge ([5]), eseguiti nel laboratorio di Tammann, che trattano parzialmente lo stesso argomento. In seguito a ciò io mi sono messo d'accordo con l'illustre collega di Göttingen, col quale fu convenuto che i sistemi mancanti ancora saranno studiati dal dott. Sandonnini.

([1]) Z. ph. Ch., *73*, 667 (1910).
([2]) C. R. *118*, 352, 712, 803 (1894).
([3]) Sandonnini, *47*, *48*, *49*, *53*.
([4]) Z. an. Ch., *71*, 257 (1911).
([5]) Z. an. Ch., *72*, 162 (1911).

Non tutti i cloruri del tipo MCl_2 poterono essere studiati; dovettero così restare esclusi i tre $FeCl_2$, $CoCl_2$ e $NiCl_2$, che pure sarebbero stati interessanti, per la loro estrema infusibilità; e così pure il cloruro rameico $CuCl_2$, perchè non fonde inalterato, ma si scompone in gran parte dando cloruro rameoso (1). Infine non fu per ora preso in esame il cloruro di berillio, $BeCl_2$, per il suo costo troppo elevato.

Furono dunque oggetto di studio i seguenti dieci cloruri: $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$, $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $CdCl_2$, $HgCl_2$, $SnCl_2$, $PbCl_2$, $MnCl_2$.

Essi possono dar origine a *quarantacinque* miscele binarie; di esse:

a)	furono già studiate da Sandonnini solo	17
b)	» » » dagli allievi di Tamman	10
c)	» » » da entrambi	4
d)	si trovano ancora sotto studio (2)	6
e)	sono inaccessibili all'esperienza	8
		45

Le otto coppie segnate in *e*) non sono accessibili all'esperienza, parte per incompatibilità chimica perchè i componenti reagiscono fra loro ($HgCl_2 + SnCl_2$), in maggior parte per la troppa differenza dei punti di fusione, specialmente quando il punto di fusione di uno supera notevolmente il punto di ebullizione dell'altro. In due casi si potè superare questa difficoltà ricorrendo ad altre coppie di sali alogenati per cui questa differenza sia minore; così si studiarono le coppie $HgBr_2 + PbBr_2$ e CdI_2-HgI_2, invece dei corrispondenti cloruri.

Per le quattro coppie segnate in *c*), sperimentate in entrambi i laboratorii, si ebbero risultati concordanti, salvo lievi differenze.

I risultati complessivi sono esposti nel quadro seguente (2), dove sono usate le abbreviazioni già indicate al paragrafo precedente, ed inoltre le altre:

X o oppure o X — cristalli misti da parte di uno solo dei due componenti.

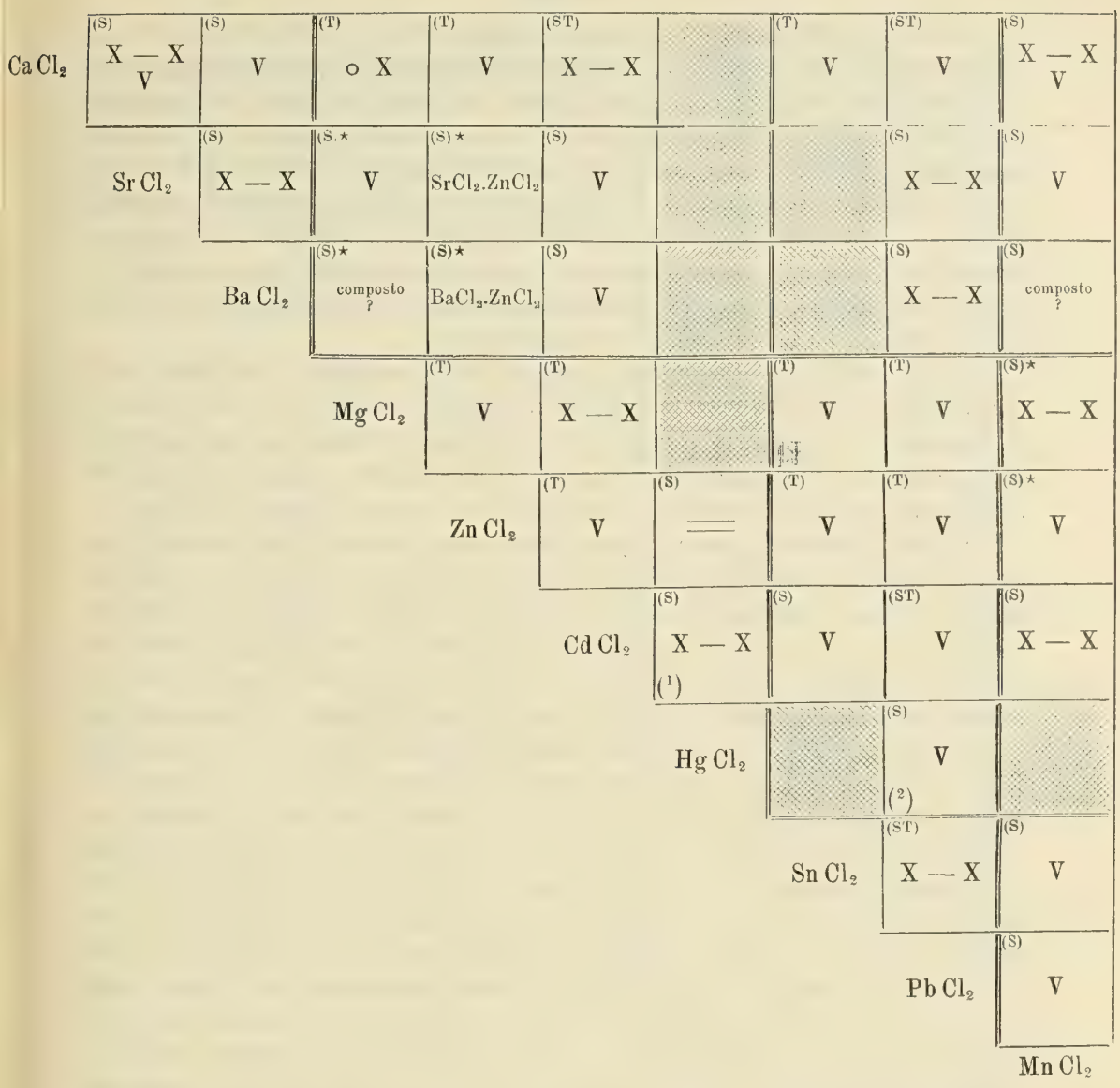
═══ — miscibilità incompleta anche allo stato liquido.

Le miscele studiate nell'Istituto di Tammann sono indicate con un (T), quelle studiate da Sandonnini con (S). I quadretti tratteggiati indicano le coppie per cui non si possono fare le esperienze:

(1) Sandonnini, Atti del R. Istituto Veneto, 1911.

(2) *Nota aggiunta durante la correzione delle bozze di stampa.*

Il dott. Sandonnini ha nel frattempo studiate le sei coppie mancanti. I risultati sono stati riportati nel quadro contrassegnandoli con asterisco. Si conoscono così tutti i *trentasette* sistemi possibili.



Se vogliamo ora considerare i risultati dal punto di vista del sistema periodico, i metalli sperimentati potremmo dividerli anzitutto in quattro sottogruppi:

I. Elementi delle serie dispari del secondo gruppo: Ca , Sr , Ba
II. Elementi delle serie pari del secondo gruppo: Mg , Zn , Cd , $Hg^{\cdot\cdot}$
III. Elementi del quarto gruppo: $Sn^{\cdot\cdot}$, $Pb^{\cdot\cdot}$
IV. Elementi del settimo gruppo: $Mn^{\cdot\cdot}$

Esaminando le tre coppie dei cloruri degli elementi del sottogruppo primo, colpisce subito il fatto che l'isomorfismo fra Ca . Sr , Ba è assai meno spiccato di quello che potrebbe aspettarsi. È vero infatti che le coppie $CaCl_2 + SrCl_2$ e $SrCl_2 + BaCl_2$ dànno dalle miscele fuse cristalli misti in tutti i rapporti: ma quelli dati dalla prima coppia si scindono a freddo. Fra $CaCl_2$ e $BaCl_2$ poi si ha un semplice eutectico.

(1) Joduri invece di cloruri
(2) Bromuri invece di cloruri.

Passando al sottogruppo II si trova che la terna Mg , Zn , Cd riproduce pei cloruri, in modo anche più netto, il singolare comportamento presentato dai metalli e di cui fu già detto ampiamente al § 25. Così le due coppie derivanti dagli omologhi immediati $MgCl_2 + ZnCl_2$ e $ZnCl_2 + CdCl_2$ dànno semplici eutectici; mentre la terza $MgCl_2 + CdCl_2$, data dagli elementi più discosti, dà soluzioni solide in tutti i rapporti. Tale coincidenza, la cui scoperta è dovuta ai lavori degli allievi di Tammann, è oltremodo interessante. Dalle miscele di questi tre cloruri col mercurico, una ($ZnCl_2 + HgCl_2$) presenta, unica, il singolare fenomeno di dare due strati liquidi corrispondenti ad una miscibilità quasi nulla anche allo stato fuso; la terza ($CdI_2 + HgI_2$) dà cristalli misti in tutti i rapporti.

Fra i cloruri del sottogruppo I e quelli del sottogruppo II potrebbero aversi dodici coppie; qui si ha però la maggior lacuna nelle nostre cognizioni. Infatti tre di esse (quelle in cui entra $HgCl_2$) non si poterono esaminare, per incompatibilità fisica; quattro, e cioè quelle fra $SrCl_2$ e $BaCl_2$ da un lato e $MgCl_2$ e $ZnCl_2$ dall'altro, sono ancora da studiare (1), cosicchè di sole cinque si hanno i risultati.

È però interessante che fra questi cloruri degli elementi delle due metà del secondo gruppo del sistema periodico si riproduce la stessa singolarità già trovata fra metalli e cloruri della seconda metà; e cioè la sola coppia dei cloruri dei due metalli più discosti ($CaCl_2 + CdCl_2$) dà cristalli misti in tutti i rapporti. Delle altre, tre ($CaCl_2 + ZnCl_2$, $SrCl_2 + CdCl_2$, $BaCl_2 + CdCl_2$) dànno semplici eutectici, ed una sola ($CaCl_2 + MgCl_2$) dà cristalli misti in rapporti limitati e dà una parte sola.

Per molte delle coppie di questi cloruri dei sottogruppi I e II è interessante il fatto che, mentre esse dànno dalle miscele fuse semplici eutectici, i sali idrati che si hanno a freddo dalle soluzioni acquose sono isomorfi. Ciò vale specialmente per i cloruri del tipo $MCl_2 \cdot 6H_2O$. Questo fatto non sta in contraddizione colla regola della maggiore miscibilità ad alta temperatura, poichè qui l'isomorfismo è evidentemente determinato dall'entrata delle sei molecole d'acqua di cristallizzazione. Il confronto diretto è solo possibile quando, come nella massima parte dei cloruri di metalli monovalenti, anche le soluzioni acquose a bassa temperatura diano cristalli anidri.

La sola coppia del sottogruppo III ($SnCl_2 + PbCl_2$) dà soluzioni solide in tutte le proporzioni; il che è interessante, poichè l'isomorfismo fra composti stannosi e piombosi era, fin qui, pressochè sconosciuto. Fra i sottogruppi I e III troviamo anzitutto nelle coppie $SrCl_2 + PbCl_2$ e $BaCl_2 + PbCl_2$ il solito perfetto isomorfismo del piombo collo stronzio e bario. Questo scompare nella coppia $CaCl_2 + PbCl_2$. Delle miscele col cloruro stannoso è nota solo quella con $CaCl_2$, che dà un eutectico. Le altre due presentano incompatibilità fisica.

Delle otto miscele possibili fra i sottogruppi II e III, sette sono studiate e dànno tutte semplici eutectici, mentre l'ottava ($SnCl_2 + HgCl_2$) presenta incompatibilità chimica. Fra queste due categorie di elementi non si ha dunque alcuna tendenza all'isomorfismo.

Esaminando infine le miscele di $MnCl_2$ cogli altri nove cloruri, troviamo che

(1) *Nota aggiunta durante la correzione delle bozze.*

Una di esse ($SrCl_2 + MgCl_2$) dà un semplice eutettico, le altre tre danno composti che accanto a quello citato più innanzi formano i soli esempi di combinazioni definite fra questi cloruri.

due (con $Mg\,Cl_2$ e $Zn\,Cl_2$) rimangono da studiare (1), ed una (con $Hg\,Cl_2$) non può essere sperimentata per incompatibilità fisica. Fra le altre è interessante l'isomorfismo completo fra $Cd\,Cl_2$ e $Mn\,Cl_2$. Anche la coppia $Ca\,Cl_2 + Mn\,Cl_2$ dà soluzioni solide in tutti i rapporti, ma questi si scindono per raffreddamento. Con $Sr\,Cl_2$, $Sn\,Cl_2$ e $Pb\,Cl_2$ si hanno semplici eutectici; ed infine con $Ba\,Cl_2$ si ha un composto di formola non ben determinabile. La tendenza fra tutti questi sali a combinarsi fra loro è minore ancora che non fra quelli dei metalli monovalenti.

Vogliamo ora porre a confronto le relazioni testè trovate, con quelle che esistono fra i metalli liberi nelle loro leghe. Esse risultano dal quadro seguente:

Metalli

Ca			Ca_3Mg_4	$CaZn_{10}$ $CaZn_4$ Ca_3Zn_3	$CaCd_3$ CaCd X o		$CaSn_3$	$CaPb_3$ CaPb $CaPb_2$
	Sr							
		Ba						
			Mg	$MgZn_2$	MgCd X — X		$SnMg_2$	$PbMg_2$
				Zn	V	X o	X o	V =
					Cd	X X	o X	o X
						Hg	X X	o X
							Sn	o X
								Pb

$SnMn$ $SnMn_2$ $SnMn_4$ o X
=
Mn

(1) *Nota aggiunta durante la correzione delle bozze di stampa.*

Nella coppia con $MgCl_2$ si hanno cristalli misti in tutti i rapporti, mentre in quella con $Zn\,Cl_2$ si trova un semplice eutectico o soluzioni solide in proporzioni trascurabili. È curioso che anche qui il comportamento del cadmio si accorda con quello del magnesio, mentre lo zinco si scosta completamente da entrambi.

Purtroppo, le nostre cognizioni sono qui assai più scarse; infatti, delle *quarantacinque* coppie possibili, solo *ventuno* sono studiate, di cui soltanto *venti* coincidono con altrettante di cloruri. Purtroppo questa incompletezza non permette di trarre conclusioni troppo generali.

In genere si può dire che la tendenza a combinarsi è molto maggiore tra i metalli che non fra i cloruri; infatti mentre fra gli ultimi una sola coppia ($BaCl_2 + MnCl_2$) dà un composto, fra i metalli, invece, ben dieci su venti dànno combinazioni definite.

Anche la tendenza a dare soluzioni solide è assai maggiore pei metalli che non pei cloruri. Infatti, su venti coppie che si possono confrontare, troviamo che si hanno soluzioni solide:

a) nè fra metalli nè fra cloruri . . . . in 9 casi
b) tanto fra metalli, quanto fra cloruri . » 4 »
c) solo fra metalli . . . . . » 6 »
d) solo fra cloruri . . . . . » 1 »

Della interessante coincidenza fra i risultati avuti coi metalli e coi cloruri della seconda metà del II gruppo del sistema periodico fu già detto.

32. *Fluoruri, cloruri, bromuri e ioduri.* — I composti corrispondenti del cloro, bromo e iodio sono generalmente ritenuti isomorfi fra loro: e specialmente fra cloruri e bromuri l'isomorfismo cristallografico è assai stretto. In realtà però le nostre conoscenze sperimentali sulla miscibilità allo stato solido di queste sostanze erano, fino a poco tempo fa, assai limitate, ed anche ora sono ben lungi dall'essere complete. Specialmente sul grado di isomorfismo dei fluoruri coi rimanenti composti alogenati assai poco si sa; generalmente però si ritiene che, nonostante l'isogonismo che in qualche caso si presenta, non esista vero isomorfismo.

Solo negli ultimi anni furono eseguite alcune ricerche servendosi dei metodi dell'analisi termica; citeremo quelle di Reinders [1], di Wolters [2] e quelle più ampie di Nacken [3], di Plato [4] e specialmente di Mönkemeyer [5]. Nel mio Istituto vennero eseguite due ricerche su questo argomento: una da M. Amadori e G. Pampanini [6], sugli alogenuri di potassio; l'altra da C. Sandonnini [7], sulle miscele del fluoruro di piombo cogli altri alogenuri dello stesso metallo.

Le miscele di cloruro, bromuro e ioduro potassico erano già state studiate [8], ma in modo non completo; e taluni dei risultati precedenti non potevano essere accettati senza riserva, cosicchè uno studio sistematico appariva desiderabile. Trattandosi di sali che anche dalle soluzioni acquose cristallizzano anidri, era interessante fare uno studio completo della miscibilità allo stato solido, tanto ad alta temperatura coll'analisi termica, quanto a bassa temperatura con misure di solubilità in acqua. Dei risultati ottenuti dal dott. Amadori fu già detto nel § 23; li riassumo per quanto ci interessa:

[1] Z. ph. Ch., *32*, 494 (1900).
[2] Neu. Jahrb. f. Mineral. ecc., Beil. B. *30*, 55 (1910).
[3] Centralbl. f. Mineral. ecc., *1907*, 301.
[4] Z. ph. Ch., *58*, 350 (1907).
[5] Neu. Jahrb. f. Mineral. ecc., Beil. B. *22*, 1 (1906).
[6] Amadori e Pampanini, *51*, *52*.
[7] Sandonnini, *44*.
[8] Le Chatelier, Compt. Rend., *118*, 350 (1894); Ruff e Plato, Berl. Ber., *36*, 2357 (1903); Fock, Z. Kryst., *28*, 358 (1897).

a) KCl-KBr: a *bassa* e ad *alta* temperatura sono miscibili in ogni rapporto.

b) KBr-KI: a *bassa* temperatura la miscibilità è limitata, per quanto abbastanza larga (0-24 mol. % KBr in KI; 0-7 mol. % KI in KBr); ad *alta* temperatura la miscibilità è completa.

c) KCl-KI: a *bassa* temperatura sono miscibili solo in rapporti assai limitati (0-7 mol. % KCl in KI; 0-1 mol. % KI in KCl); ad *alta* temperatura la miscibilità è assai maggiore, ma non completa (0-49 mol. % KCl in KI; 0-9 mol. % KI in KCl).

Da ciò si rileva che l'isomorfismo è perfetto in tutte le condizioni per la coppia cloruro-bromuro; diventa tale solo ad elevata temperatura per quella bromuro-ioduro; resta sempre incompleto per la coppia cloruro-ioduro: e ciò, nonostante il perfetto isogonismo dei componenti.

Già molti anni prima io avevo fatto eseguire da Padoa e Tibaldi [1] un lavoro sul sistema $HgCl_2 + HgI_2$, dal quale risultò che questi due sali dànno cristalli misti in rapporti abbastanza larghi, ma limitati, mentre Reinders (loc. cit.) aveva prima trovato che nel sistema $HgBr_2 + HgI_2$ dalle masse fuse si hanno soluzioni solide in tutti i rapporti che solo per raffreddamento subiscono una parziale decomposizione.

Per ciò che riguarda i fluoruri nei loro rapporti con gli altri alogenuri, si avevano esperienze di Plato e di Wolters (ll. cc.) sui sistemi $NaFl + NaCl$, $KFl + KCl$, $CaFl_2 + CaCl_2$, $SrFl_2 + SrCl_2$, $BaFl_2 + BaCl_2$; nulla sulle miscele di fluoruri con bromuri e ioduri. Dai lavori ora citati risulta che tra fluoruri e cloruri di metalli alcalini si hanno semplici eutectici, senza tendenza a formazione di soluzioni solide. Più interessante è il comportamento dei metalli alcalinoterrosi per i quali Plato trovò che si ottengono sali doppî del tipo $MFl_2 \cdot MCl_2$ con formazione di soluzioni solide in rapporti limitati.

Era dunque interessante estendere la ricerca agli alogenuri di altri metalli, e specialmente ai bromuri ed ai ioduri. Si prestavano assai bene a tale scopo i composti del piombo, sia perchè essi fondono facilmente, sia perchè da Mönkemeyer (loc. cit.) erano già stati stabiliti i rapporti che corrono fra $PbCl_2$, $PbBr_2$ e PbI_2. Il lavoro fu compiuto da Sandonnini [2] che studiò le tre coppie $PbFl_2 + PbCl_2$, $PbFl_2 + PbBr_2$, $PbFl_2 + PbI_2$. I risultati confermano quelli di Plato, ed anzi dimostrano qui l'esistenza di un nuovo tipo di sali doppî. Tutte e tre le miscele dànno due composti dei tipi:

$$PbX_2 \cdot PbFl_2 \text{ e } PbX_2 \cdot 4PbFl_2 \text{ , dove è } X = Cl \text{ o } Br \text{ o } I.$$

Pel cloruro e pel bromuro è assai maggiore la zona di esistenza del primo composto; invece pel ioduro è più larga quella del secondo.

Composti del primo tipo erano già stati preparati per via umida a freddo. Così già Berzelius aveva ottenuto il sale doppio $PbCl_2 \cdot PbFl_2$, e Fonze-Diacon [3] quello $PbBr_2 \cdot PbFl_2$. A tali sali doppî vengono comunemente attribuite le formole semplici PbClFl e PbBrFl. Naturalmente, l'analisi termica non può decidere fra le due formole. Solo l'esistenza dei composti del secondo tipo fa parere opportuno lo scriverli tutti come composti molecolari.

(1) Padoa e Tibaldi, *42*.

(2) Sandonnini, *44*.

(3) Bull. Soc. Chim., *17*, 346 (1897).

Se ora vogliamo riassumere i risultati delle esperienze nostre e dei precedenti autori, troviamo il quadro seguente:

METALLI	SISTEMI BINARII					
	fluoruro-cloruro	fluoruro-bromuro	fluoruro-joduro	cloruro-bromuro	cloruro-joduro	bromuro-joduro
Sodio	V			* X — X	* X X	* X — X
Potassio	V			X — X	X X	X — X
Rame (rameoso)				X — X	o X	X — X
Argento				X — X	o X	X — X
Tallio (talloso)				X — X	o X	X — X
Calcio	$CaCl_2 . CaFl_2$ X X					
Stronzio	$SrCl_2 . SrFl_2$ X X					
Bario	$BaCl_2 . BaFl_2$ X X					
Cadmio				X — X	V	X — X
Mercurio (mercurico)					X X	X — X
Piombo	$PbCl_2 . PbFl_2$ $PbCl_2 . 4PbFl_2$ o X	$PbBr_2 . PbFl_2$ $PbBr_2 . 4PbFl_2$	$PbI_2 . PbFl_2$ $PbI_2 . 4PbFl_2$	X — X	V	V

Le indicazioni si riferiscono ai cristalli deposti per cristallizzazione dalle miscele fuse.

Si vede quanto incomplete siano ancora le nostre cognizioni in questo campo. Infatti, delle *settantadue* coppie possibili anche solo per i dodici elementi considerati, solo *ventotto* sono state sperimentate [1]; soprattutto per le coppie coi fluoruri non abbiamo se non notizie frammentarie. Comunque, si possono ormai stabilire alcune regolarità abbastanza ben fondate:

a) I fluoruri hanno pochissima o nessuna tendenza a dare cristalli misti coi cloruri corrispondenti; nessuna affatto, probabilmente, coi bromuri e ioduri. Coi composti di metalli monovalenti si hanno semplici eutectici; con quelli bivalenti, sali doppî.

b) Cloruri e bromuri mostrano sempre isomorfismo completo.

c) Bromuri e ioduri mostrano pure (salvo che pel piombo) isomorfismo completo.

d) Cloruri e ioduri dànno soluzioni solide in rapporti limitati o semplici eutectici.

Ciò è d'accordo con quanto si sapeva fin qui e col sistema periodico. È interessante soprattutto il distacco così netto tra il fluoro e gli omologhi superiori; analogo, ma ancora più forte di quello fra il litio e gli altri metalli alcalini.

Sarebbe evidentemente importante estendere le ricerche soprattutto alla miscibilità a bassa temperatura, mediante determinazioni di solubilità, e di fare, nel maggior numero possibile di casi, ricerche di confronto con questo metodo e con quello dell'analisi termica, come ne dà un esempio il lavoro di Amadori e Pampanini.

Sarà poi necessario procedere ad un esame sistematico delle relazioni tra composti di uno stesso metallo e di differenti radicali acidi ossigenati: nel qual campo si hanno bensì varie ricerche, ma tutte di carattere piuttosto frammentario.

In questo indirizzo il dott. Amadori ha già eseguito un vasto lavoro sui solfati, cromati, molibdati e tungstati di potassio, i cui risultati saranno tosto pubblicati [2]; altre ricerche, poi, sono tuttora in corso.

Volendo trarre conclusioni generali, può dirsi che le relazioni di isomorfismo e di tendenza a combinarsi, già note dalle esperienze fatte su soluzioni acquose, si ritrovano, almeno nelle linee generali, coll'analisi termica. Col crescere della temperatura aumenta di molto la tendenza a dare cristalli misti, sembra invece piuttosto diminuire la tendenza a dare sali doppî. E cioè l'aumento di temperatura rafforzerebbe le affinità omopolari e lascierebbe intatte o diminuirebbe le eteropolari. Ciò sta d'accordo col fatto che le soluzioni solide sono generalmente sistemi endotermici, mentre i sali doppî sono, sia pure debolmente, esotermici.

[1] *Nota aggiunta durante la correzione delle bozze.*

Altre tre coppie sono state nel frattempo studiate dal dott. Amadori e precisamente quelle fra cloruro, bromuro e joduro sodico. I risultati sono stati aggiunti nel quadro, contrassegnadoli con asterisco; essi riproducono esattamente quelli già trovati coi rispettivi sali potassici.

[2] *Nota aggiunta come sopra.* Nel frattempo sono stati in parte pubblicati. V. Amadori *58*.

PUBBLICAZIONI

DA CUI È DESUNTA LA PRESENTE MEMORIA RIASSUNTIVA

I. — Lavori dell'autore.

1897. — 1. « Sui crioidrati » (tesi di laurea). Gazz. Chim. ital., *27*, I, 537.

1898. — 2. « Sulle soluzioni solide di benzolo in fenolo ». Gazz. chim. ital., *28*, I, 249.

3. « Sulle soluzioni solide di piridina e piperidina in benzolo ». Gazz. chim. ital., *28*, I, 259.

4. « Soluzioni solide fra composti a catena aperta ». Gazz. chim. ital., *28*, I, 277.

5. « Sui fenomeni di equilibrio fisico nelle miscele di sostanze isomorfe ». Nota I^a^. Gazz. chim. ital. *28*, II. 322.

6. « Sugli equilibrî nei sistemi di due e di tre componenti con una fase liquida ». Gazz. chim. ital., *28*, II, 508.

1899. — 7. « Nuove considerazioni sugli equilibrii fisici nelle miscele isomorfe ». Gazz. chim. ital., *29*, I, 149.

1900. — 8. « Sul riconoscimento dei composti racemici ». Gazz. chim. ital., *30*, I, 35.

9. « Soluzioni solide e miscele isomorfe fra composti a catena aperta, saturi e non saturi ». Nota I^a^ (con F. Gorni). Gazz. chim. ital., *30*, I, 55.

10. « Sui fenomeni di equilibrio fisico nelle miscele di sostanze isomorfe ». Nota II^a^ (con F. Gorni). Gazz. chim. ital., *30*, II, 127.

11. « Soluzioni solide e miscele isomorfe ». Gazz. chim. ital., *30*, II, 140.

12. « Sulle soluzioni solide nelle miscele di tre sostanze ». Nota I^a^. Rend. Acc. Lincei, *9*, II, 232.

13. « Sulle soluzioni solide nelle miscele di tre sostanze ». Nota II^a^ (con F. Gorni). Rend. Acc. Lincei, *9*, II, 326.

1901. — 14. « Soluzioni solide e miscele isomorfe fra composti a catena aperta saturi e non saturi ». Nota II^a^ (con F. Gorni). Gazz. chim. ital., *31*, I, 48.

15. « Ueber feste Lösungen-Sammlung chem. Vorträge ». Stuttgart, Enke

1902. — 16. « Sulle soluzioni solide ». Rivista di Mineral. e cristallog. ital., *39*, 3.

17. « Sugli equilibrii eterogenei fra cristalli misti di idrati salini isomorfi » (con W. Meyerhoffer). Rend. Acc. Lincei, *11*, I, 185.

18. « Sulla formazione dei cristalli misti per sublimazione » (con M. Padoa). Gazz. chim. ital., *32*, II, 319.

19. « Sulla distinzione fra polimorfismo ed isomeria chimica ». Rend. Acc. Lincei, *11*, I, 386.

1903. — 20. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo » (con M. Padoa). Gazz. chim. ital., *33*, I, 78.

21. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo » (con L. Mascarelli). Gazz. chim. ital., *33*, I, 89.

22. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo » (con L. Mascarelli). Gazz. chim. ital., *33*, I, 96.

1904. — 23. « Sulle relazioni fra le proprietà dei varî corpi come solventi crioscopici e le loro costanti di cristallizzazione » (con M. Padoa). Gazz. chim. ital., *34*, I, 105.

24. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo » (con M. Padoa). Gazz. chim. ital., *34*, I, 133.

25. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo ». Gazz. chim. ital., *34*, I, 144.

26. « Sul comportamento delle soluzioni in solventi dimorfi » (con A. Callegari). Gazz. chim. ital., *34*, II, 198.

27. « Soluzioni solide fra nitro- e nitroso-derivati » (con A. Callegari). Gazz. chim. ital., *34*, II, 246.

28. « Sulla configurazione degli stereoisomeri maleici e fumarici e dei corrispondenti composti acetilenici ». Rend. Acc. Lincei, *13*, I, 626.

29. « Ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo » (con A. Trovanelli). Gazz. chim. ital., *34*, II, 349.

1905. — 30. « Studii sulla racemia » (con F. Finzi). Gazz. chim. ital., *35*, II, 111.

1906. — 31. « Soluzioni solide e isomorfismo ». Rapporto al VI Congresso internazionale di chimica applicata, in Roma.

1908. — 32. « Feste Lösungen und Isomorphismus ». Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft.

1910. — 33. « Formazione e scomposizione di cristalli misti fra nitrati e nitriti alcalini » (con D. Meneghini). Gazz. chim. ital., *40*, I, 682.

34. « Sul peso molecolare dell'acqua sciolta in varî solventi » (con M. Amadori). Gazz. chim. ital., *40*, II, 1.

35. « Ueber die ternaren Legierungen von Magnesium, Zink und Cadmium - I Mitteilung » (con C. Sandonnini e E. Quercigh). Zeitschr. f. anorg. Chem., *68*, 73.

1911. — 36. « Soluzioni solide e colloidi ». Atti e Memorie R. Accad. di Padova, *27*, 137.

37. « Sulle soluzioni dello jodio in alcuni idrocarburi ciclici » (con M. Amadori). Atti R. Istituto Veneto, *70*, II, 1113.

38. « Formazione di soluzioni solide metalliche per diffusione allo stato solido ». Nota I^a (con D. Meneghini). Rend. Acc. Lincei, *20*, I, 671.

39. « Formazione di soluzioni solide metalliche per diffusione allo stato solido ». Nota II^a (con D. Meneghini). Rend. Acc. Lincei, *20*, I, 927.

40. « Sulla formazione di soluzioni solide fra sali alcalini per diffusione allo stato cristallino » (con D. Meneghini). Atti R. Istituto Veneto, *71*, II, 195.

41. « Sul calore di formazione delle soluzioni solide » (con M. Amadori). Atti R. Istituto Veneto, *71*, II, 251.

II. — Lavori di allievi e collaboratori.

1904. — 42. M. Padoa e C. Tibaldi. « Sulla formazione di cristalli misti fra cloruro e ioduro mercurici ». Gazz. chim. ital., *34*, I, 92.

43. M. Padoa. « Nuove ricerche sulle soluzioni solide e sull'isomorfismo ». Gazz. chim. ital., *34*, I, 146.

1911. — 44. C. Sandonnini. « Sali doppî tra il fluoruro di piombo e gli altri sali alogenati dello stesso metallo ». Rend, Acc. Lincei, *20*, I, 172 e 253.

45. C. Sandonnini. « Analisi termica delle miscele di cloruro rameoso con cloruri di elementi monovalenti ». Rend. Acc. Lincei, *20*, I, 457.

46. C. Sandonnini. « Analisi termica delle miscele binarie di cloruri di elementi monovalenti ». Nota I^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, I, 758.

47. C. Sandonnini e G. Scarpa. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di metalli bivalenti ». Nota I^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, I, 61.

48. C. Sandonnini. « Analisi termica di miscele binarie di cloruro di calcio con cloruri di altri metalli bivalenti ». Rend. Acc. Lincei, *20*, II, 496.

1911. — 49. C. Sandonnini. « Sull'analisi termica di miscele binarie di cloruri di elementi allo stesso grado di valenza ». Rend. Acc. Lincei, *20*, II, 503.

50. C. Sandonnini e P. C. Aureggi. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di elementi monovalenti ». Nota II^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, II, 588.

51. M. Amadori e C. Pampanini. « Sulla capacità degli alogenuri potassici di dare soluzioni solide in rapporto colla temperatura ». Nota I^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, II. 473.

52. M. Amadori e G. Pampanini. « Sulla capacità degli alogenuri potassici di dare soluzioni solide in rapporto colla temperatura ». Nota II^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, II, 572.

53. C. Sandonnini. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di metalli bivalenti ». Nota II^a. Rend. Acc. Lincei, *20*, II, 646.

Nel tempo trascorso fra la presentazione della Memoria e la correzione delle bozze, sono stati ancora pubblicati i seguenti lavori:

1912. — 54. C Sandonnini. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di elementi bivalenti ». Nota III^a. Rend. Acc. Lincei, *21*, I, 208.

55. D. Meneghini. « Analisi termica di miscele binarie di nitriti alcalini con altri sali degli stessi metalli ». Atti e Memorie R. Accad. di Padova, *28*, 89.

56. M. Amadori. « Sulla capacità degli alogenuri sodici a dare soluzioni solide ad alta temperatura ». Rend. Acc. Lincei, *21*, I, 467.

57. C. Sandonnini e P. C. Aureggi. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di elementi monovalenti ». Nota III^a. Rend. Acc. Lincei, *21*, I, 493,

58. M. Amadori. « Sul comportamento reciproco dei solfati, cromati, molibdati e wolframati a bassa e ad alta temperatura ». Nota I^a. Rend. Acc. Lincei, *21*, I, 667.

59. C. Sandonnini e G. Scarpa. « Analisi termica di miscele binarie di cloruri di elementi monovalenti ». Nota IV, presentata alla R. Acc. dei Lincei nella seduta del 16 giugno.

P 117-18

Un omero di Felsinotherium [1]

Memoria del Corrisp. ARTURO ISSEL.

Trasmessa durante le ferie accademiche del 1911

(con due tavole)

Il fossile che mi propongo di descrivere venne alla luce al principio dell'anno 1911 nella marna pliocenica inferiore, estratta dalla piazza Deferrari in Genova, per dar luogo alla costruzione di un nuovo palazzo che sarà sede della Banca d'Italia. Esso giaceva a circa m. 22 sopra il livello del mare e a 3 sotto il piano stradale, a poche diecine di metri di distanza dal cranio di Sirenio e da altri avanzi dello stesso mammifero, già da me illustrati in una Memoria pubblicata da questa Accademia [2].

Fu raccolto in tre pezzi (così ridotto dal piccone di un operaio sterratore) per per cura del sig. Della, assistente municipale, cui è affidato l'incarico di porre in salvo i cimelii archeologici che si vanno scoprendo tratto tratto nel corso degli scavi. Io l'ebbi dal prof. Orlando Grosso, addetto in qualità di segretario all'Ufficio d'Arte del comune di Genova.

Si tratta dell'omero destro di un grosso mammifero, riferibile indubbiamente alla stessa specie della quale si raccolsero così numerose reliquie durante i lavori eseguiti per l'apertura della via Venti Settembre e delle strade vicine, come pure per la sistemazione della piazza Deferrari. Non è escluso che appartenga allo stesso individuo di cui fu rinvenuto poco lungi il cranio mutilato.

Siccome l'omero del genere *Felsinotherium* non è ancora conosciuto (non è compreso fra le ossa illustrate nella classica Memoria del prof. Capellini), merita speciale attenzione quello che forma oggetto della mia Nota, del quale risulta facile lo studio per la sua analogia coll'osso omologo dei generi *Halicore*, *Manatus* e *Rythina* pertinenti alla fauna attuale, e *Halitherium*, tipo miocenico estinto.

Dirò da prima come l'osso sia quasi integro, dopo che furono opportunamente congiunti e saldati i tre pezzi in cui era diviso; manca cioè di piccola parte della

[1] Appendice al lavoro: *Alcuni Mammiferi fossili del Genovesato e del Savonese*, pubblicato nel vol. VIII, ser. 5ª, fasc. V, Mem. Cl. sc. fis. ecc., 1910.

[2] Classe di scienze fisiche matematiche e naturali, serie 5ª, vol. VIII.

testa e di una scheggia, che comprende l'estremità posteriore (1) del corpo con porzione minima dell'articolazione corrispondente. Esso si distingue, innanzi tutto, da ogni altro omero di mammifero, per l'eccezionale sviluppo dell'articolazione anteriore, la quale è provvista di testa arrotondata, di mediocri dimensioni e senza collo, di grande tuberosità prominentissima, straordinariamente compressa ai due lati, e di piccola tuberosità, foggiata a guisa di grosso tubercolo ovoideo, portato da collo assai sporgente, che si inserisce alla base della testa, ed è rivolto verso il lato esterno. Fra le due tuberosità, una depressione larga e profonda, caratteristica, si estende fino quasi alla metà del corpo e corrisponde alla doccia bicipitale. Nel suo complesso, e quando sia collocato orizzontalmente colla superficie inferiore in basso, apparisce alquanto arcuato, risultando la convessità dell'arco in alto e a sinistra.

Il corpo, assai breve, a sezione trigonale anteriormente, schiacciato posteriormente, si assottiglia con rapidità dall'avanti all'indietro, massime nell'ultimo terzo della lunghezza. Esso apparisce spiccatamente tòrto dall'avanti all'indietro e da destra a sinistra (ciò, osservando la superficie superiore dell'osso). Inferiormente, a sinistra, presenta una carena longitudinale flessuosa, prominente nella parte media e superiore, a guisa di cresta, che risale bruscamente verso l'articolazione, riflettendosi alquanto al di sotto della grande tuberosità e limitando una larga depressione visibile nella superficie opposta. Detta carena viene a mancare poco a poco e scomparisce nel terzo posteriore dell'osso. Superiormente, si nota uno spigolo arrotondato che corre obliquamente dalla base della testa fin quasi all'articolazione radio-ulnare; esso serve di confine, verso destra, all'accennata depressione.

L'articolazione posteriore, che è assai ridotta nella larghezza e nello spessore, non presenta i caratteri di una vera troclea; ma vi sono ben manifesti i condili esterno ed interno. La fossa olecranica è ridotta a tenue incavo mal circoscritto; un po' più depressa è la fossa coronoide, pel fatto che i due condili risultano più sporgenti dalla faccia inferiore che non dalla superiore.

La doccia bicipitale e la porzione interna della grande tuberosità presentano numerosi forellini ciechi, irregolarmente disposti; altri simili si osservano alla base della piccola tuberosità verso la testa dell'omero. Questa tuberosità è assai scabra alla parte inferiore, ove limita la doccia bicipitale.

Dimensioni.

	mm.
Lunghezza massima fra due piani verticali paralleli, tangenti alle estremità opposte delle due articolazioni, essendo il fossile adagiato colla sua superficie inferiore sopra un piano orizzontale	197
Larghezza massima fra il punto più sporgente della testa dell'omero e un piano verticale tangente alla grande tuberosità, supposto l'osso giacente sopra un piano orizzontale colla sua superficie superiore	86

(1) Le espressioni posteriore, anteriore, superiore e inferiore, delle quali mi valgo per distinguere le varie parti dell'osso, si riferiscono al supposto che l'arto del Sirenio sia collocato nella posizione di riposo, a contatto del torace.

mm.

Altezza, fra il punto più sporgente della testa dell'omero, nella parte superiore, e il punto più prominente della piccola tuberosità, nella parte inferiore (questa misura è incerta, causa la mancanza, nell'esemplare, di un pezzo della testa dell'omero) 85

Altezza della grande tuberosità 70

Sporgenza massima della piccola tuberosità sopra il fondo della doccia bicipitale 47

Distanza, misurata sulla verticale, fra la massima sporgenza dello spigolo smussato superiore, nel corpo dell'osso, e la carena laterale-inferiore, nel punto in cui questa comincia a risalire per poi inflettersi 56

Spessezza del corpo dell'osso, ove incomincia l'articolazione ulno-radiale (se la misura si riferisce alla distanza che intercede tra le fosse olecranica e coronoide, dalla cifra qui appresso trascritta convien detrarre tre millimetri) 11

Larghezza massima dell'articolazione ulno-radiale (si tratta di misura approssimativa, l'osso essendo mutilato lateralmente, in corrispondenza di detta articolazione) 50

L'omero dell'*Halitherium Schinzi* del bacino di Magonza, figurato e descritto da Lepsius (1), offre dimensioni un po' minori di quelle del mio esemplare: ma se ne distingue principalmente perchè nel primo l'articolazione anteriore è meno robusta e più stretta; perchè la grande tuberosità, pur essendo più spessa, presenta sporgenza di gran lunga minore; perchè la piccola tuberosità ha minore sviluppo; perchè il corpo dell'osso non è affètto da torsione così risentita, e sembra di forma più regolare. Il capo articolare posteriore doveva essere presso a poco conforme nei due generi. Le accennate differenze sono da comprendersi fra quelle che legittimano l'istituzione del genere *Felsinotherium* di Capellini, da alcuni autori considerato come non sufficientemente distinto da *Halitherium*.

Dal complesso dei caratteri dell'omero, che ho fatto conoscere, si può asserire che si articolava, come in *Halitherium*, ad un osso unico del braccio, in cui si congiungevano ulna e radio: senonchè in *Felsinotherium* la fusione era sicuramente più inoltrata.

Il fossile sopra descritto è somigliante all'omero dell'*Halicore*, del *Manatus* e della *Rhytina*, ma più robusto; e, per lo sviluppo dell'articolazione anteriore, si allontana dal secondo, meno che dagli altri. In complesso, è alquanto più breve e sottile dell'osso omologo di un *Halicore* della Baia d'Assab, donato al Museo civico di Storia naturale di Genova dal dottore Ragazzi (lo scheletro di questo Sirenio misura m. 2.43 di lunghezza).

Pure ammettendo che *Felsinotherium* fosse più corpulento e massiccio di *Halicore*, dalle proporzioni dell'omero fossile argomento che questo appartenesse ad un individuo più sviluppato, in lunghezza, del Sirenio della Baia d'Assab testè ricordato. Perciò, se il detto omero è propriamente parte dello scheletro, di cui ebbi a descrivere il cranio, alcune vertebre ed altri avanzi, deve essere modificato il mio apprezzamento intorno alla lunghezza presunta dell'animale, aumentando alquanto la cifra da me proposta.

(1) « *Halitherium Schinzi*, die fossile Sirene des Mainzer Beckens, I Band ».

BIBLIOGRAFIA

Acconci L. « Di una caverna fossilifera scoperta a Cucigliana (Monti Pisani) ». Atti della Soc. Toscana di Sc. nat., vol. V, fasc. 1°. Pisa, 1880.

Adams L. Quart. Journ. of the geol. Soc. of London, 1874, pag. 7.

Baretti M. « Resti fossili di rinoceronte nel territorio di Dusino ». Atti della R. Accad. Sc. di Torino, vol. XV, 1880.

Bayan F. « Sur les terrains tertiaires de la Venetie ». Bull. de la Soc. géol. de France, 2e série.

Blainville (Ducrotay de). « Ostéographie des mammifères », vol. IV, genre *Rhinoceros*. Paris, 1839-1864.

Brandt. « Versuch einer Monographie der Tichorhinen Nashörner etc ». Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg, 7ème série, vol. XXIV, n. 4.

Bruno G. D. « Illustrazione di un nuovo cetaceo fossile ». Mem. della R. Accad. delle Scienze di Torino, serie 2a, tomo I. Torino, 1839.

Capellini G. « Sul Felsinoterio ecc. ». Mem. dell'Acc. delle Scienze dell'Ist. di Bologna, serie 3a, tomo I. Bologna, 1872.

— « Della Pietra Leccese e dei suoi fossili ». Mem. dell'Acc. delle Scienze dell'Ist. di Bologna, serie 3a, tomo IX. Bologna, 1878.

— « Sopra resti di un sirenio fossile (*Metaxytherium Lovisati*, Cap.) ». Mem. della R. Acc. delle Scienze dell'Ist. di Bologna, serie 5a, vol. IV, 1894.

— « Rinoceronti fossili del Museo di Bologna ». Mem. delle R. Accad. dell'Istituto di Bologna, serie 5a, vol. IV, 1894.

Cornalia E. « Monographie des mammifères fossiles de la Lombardie ». Milan, 1860-65.

Cuvier G. « Sur l'ostéologie du Lamantin, sur la place que le Lamantin et le Dugong doivent occuper etc. ». Paris, 1812.

— « Ossements fossiles », 4ème éd., vol. II. Paris.

De Christol J. « Recherches sur les caractères des grandes espèces de Rhinoceros fossiles ». Annales des Sciences nat., 2e série, vol. IV, Zoologie. Paris, 1835.

— « Recherches sur divers ossements fossiles etc. ». Annales des Sciences nat., 2e série, tome XV, pag. 307. Paris, 1841.

Delfortrie. « Études sur les restes fossiles de Siréniens du genre *Halitherium* dans le bassin de la Garonne ». Paris, 1873.

Deperet. « Recherches sur la succession des faunes de vertebrés miocènes de la vallée du Rhône ». Archives du Muséum d'Hist. nat. de Lyon, vol. IV, pag. 229. Lyon, 1887.

De Zigno A. « Sull'*Halitherium veronense*, F. ». Memorie del R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, vol. XXI. Venezia, 1862.

— « Nuove aggiunte alla fauna eocenica del Veneto ». Mem. del R. Ist. Veneto di Scienze Lettere ed Arti, vol. XXI. Venezia, 1862.

— « Sui sirenii fossili trovati nel Veneto ». Mem. del R. Ist. Veneto di Scienze Lettere ed Arti, vol. XVIII. Venezia, 1875.

— « Sopra un nuovo sirenio scoperto nelle colline di Bra in Piemonte ». Atti della R. Accad. dei Lincei, anno CCLXXV, 1877-78, Memorie, vol. II. Roma, 1878.

— « Nuove osservazioni sull'*Halitherium Veronense* Z. ». Mem. del R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, vol. XXI. Venezia, 1879.

Di Stefano G. « L'*Elephas meridionalis* e il *Rhinoceros Mercki* nel quaternario calabrese ». Boll. Soc. geol. it., vol. XVIII, pag. 421, an. 1900.

Dollo L. « Première Note sur les Siréniens de Boom (Resumé) ». Bulletin de la Société Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol., tome III, pag. 415. Bruxelles, 1889.

Falconer H. « On the European pliocene and postpliocene species of the genres *Rhinoceros* ». Palaeontological Mem. edit. by C. Murchison. London, 1868.

Flores E. « Su di un molare di *Rhinoceros* rinvenuto ad Isoletta, prov. di Caserta ». Boll. della Soc. geol. it., vol. XXV, fasc. 2°. Roma, 1906.

Gervais P. « Coup d'œil sur les mammifères fossiles de l'Italie ». Journal de Zoologie, tome I, pag. 225. Paris, 1872.

Jaeger G. F. « Ueber die fossilen Säugethiere, welche in Würtemberg in verschiedenen Formationen aufgefunden worden sind ». Stuttgart, 1839.

Kaup F. « Verzeichniss der Gyps-Abgüsse von den urweltlichen Thierresten des Grossh. Museum zu Darmstad », 2 aufl., 1834.

— Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie etc. Jahrgang 1838, pag. 319.

— « Ueber *Halitherium* in seinen Beiträgen zur näheren Kenntniss der urweltlichen Säugethiere »; zweites Heft. Darmstadt, 1855.

Krauss. « Der Schädel des *Halitherium Schinzi* ». Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie etc. Jahrgang, 1862.

Lartet. « Carnassiers et Rhinocéros fossiles du midi de la France ». Annales des Sciences nat., vol. VII. Paris.

— « Note sur deux siréniens fossiles des terrains tertiaires du bassin de la Garonne ». Bull. de la Soc. géol. de France, 2e série, tome XXIII, pag. 673. Paris, 1866.

Lecointre P. « La faune paléomammalogique des Faluns de Touraine ». La Feuille des jeunes Naturalistes, 4ème série, n. 464. 1° Juin, 1909.

Lepsius G. R. *Halitherium Schinzi*, die fossile Sirene des Mainzer Beckens ». Abhandl. des Mittelrheinischen geol. Vereins. Darmstadt, 1881-1882.

Major C. I. F. « Remarques sur quelques mammifères post-tertiaires de l'Italie ». Atti della Soc. ital. di Sc. nat., vol. XV. Milano, 1873.

— « Sopra alcuni rinoceronti fossili in Italia ». Boll. del R. Comitato geol. d'Italia, anno 1874, nn. 3-4. Roma, 1874.

Meli R. « Sopra alcuni resti fossili di mammiferi rinvenuti alla cava della Catena presso Terracina ». Boll. della Soc. geol. ital., vol. XIII, fasc. 2°. Roma, 1894.

Meyer (R. von). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Géologie, etc. Jahrgang 1838, pag. 667.

— Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, etc. Jahrgang 1846, pag. 328.

Owen R. Quarterly Journal of the geological society of London, vol. II, pag. 541. London, 1855.

— Quarterly Journal of the geological Society of London, vol. XXXI, pag. 100. London, 1875.

Pictet F. J. « Traité élémentaire de Paléontologie », tome I. Paris, 1844.

— « Traité de Paléontologie, 2e édition. Paris, 1853.

Portis A. « Ueber die Osteologie von *Rhinoceros Merckii* Jaeg. etc. ». Palaeontographica, Bd. XXV. Cassel, 1878.

Ricci A. « Mammiferi post-pliocenici di Kurgan in Siberia ». Boll. della Soc. geol. it., vol. XX, fasc. 3°. Roma, 1901.

Sacco F. « Le Rhinoceros de Dusino ». Archives du Muséum d'Hist. nat. de Lyon, vol. VI. Lyon, 1895.

— « Resti fossili di rinoceronti dell'Astigiana ». Mem. della R. Acc. delle scienze di Torino, serie 2ª, vol. LVI, 1906.

Simonelli V. « I rinoceronti fossili del Museo di Parma ». Palaeontografia Italica, vol. III. Pisa, 1898.

Suess E. « Sur les dépots tertiaires. du Vicentin ». Atti della Soc. italiana di Scienze nat. di Milano, vol. XI, pag. 643. Milano, 1869.

Ugolini R. « Il *Rhinoceros Merckii* Jaeg. dei terreni quaternarî della Valle di Chiana ». Pisa, 1906.

— « Resti di vertebrati marini del pliocene di Orciano ». Atti del Congresso degli scienziati italiani promosso dalla Soc. ital. di Sc. nat., pag. 195. Milano, 1907.

Zittel A. « Traité de Paléontologie », trad. Barrois, Ie partie, Paléozoologie, vol. IV, pag. 288. Paris, Munich et Leipzig, 1894.

Omero del *Felsinotherium subappenninum*, Bruno
delle marne di Genova

superficie superiore

DANESI - ROMA

Omero del *Felsinotherium subappenninum*, Bruno
delle marne di Genova

superficie inferiore

DANESI - ROMA

SCHIZZO GEOLOGICO

DELL'ACROCERAUNIA E DEI DINTORNI DI VALONA

IN ALBANIA

Scala 1 : 200 000

Spiegazione dei segni

- *Linee degli spaccati.*
- *Direzione e immersione degli strati.*
- Recente e Quaternario
  - *Dune.*
  - *Alluvioni e depositi recenti.*
  - *Depositi torrentizi antichi e coni di deiezione.*
  - *Tracce glaciali.*
- Pliocene
  - *Marne, argille, arenarie friabili e sabbie.*
  - *Ofiti.*
- Miocene
  - *Marne sabbiose e calcari grossolani fossiliferi.*
  - *Arenarie micacee, argilloscisti, marne, calcari nullipori ci e puddinghe con banchi di conglomerati soprapposti presso Kanina, Dukati e le coste.*
  - *Strati di calcari subsaccaroidi a foraminifere con alternanze di argilloscisti. (Oligocene?)*
- Eocene
  - *Calcari bianchi compatti e selciferi in strati di poca spessore e calcari screziati con nummuliti ed altre foraminifere.*
- Cretacico
  - *Calcari a rudiste e caprinidi.*
- Giura
  - Malm
    - *Calcari bianchi compatti e calcari magnesiferi, con brachiopodi e gasteropodi del Malm nei più alti livelli del Kjore e Cika.*
  - Dogger
    - *Calcari lamellari e scisti marnosi varicolori con grosse lenti di selce, con Posidonomyae e Aptyci nella parte superiore.*
    - *Calcari compatti in grossi banchi.*
  - Lias
    - *Calcari bianchi, rosei e rossi, spesso marnosi, con ammoniti della zona ad Harpoceras bifrons.*
    - *Calcari bianchi e ceroidi con alternanze di calcari brecciati e ocracei in grossi banchi.*

STAB. I. SALOMONE ROMA

RELAZIONE

letta dal Socio De Stefani (relatore), a nome anche del Socio Bassani, nella seduta del 7 maggio 1911, sulla Memoria del prof. A. Martelli, avente per titolo: *Osservazioni geologiche sugli Acrocerauni e sui dintorni di Valona.*

Il Prof. Alessandro Martelli ha presentato un lavoro: *Osservazioni geologiche sugli Acrocerauni e sui dintorni di Valona*, con diciotto fotografie, tre spaccati ed una carta geologica. Egli percorse la regione nel 1909, con un sussidio avuto dalla Accademia sui residui del fondo Santoro.

Sono passati in esame i terreni Giuresi, alcuni dei quali sono giustamente messi in rapporto con terreni coetanei della Penisola italiana; indi i terreni cretacei ridotti a confini assai minori di quelli che prima si credevano. Sono poi descritti l'Eocene, ed il Miocene, nel quale l'A. ha trovato nnmerosa serie di fossili appartenenti al Tortoniano, che prima mai era stato indicato nella regione, ed all'Elveziano. Vi è pure il Pliocene.

Nuovissime notizie sono date sulla antica glaciazione nelle più elevate sommità del Kjore e del Cika che sovraincombono al mare Jonio, e sommarie osservazioni sono pure fatte sulla morfologia.

L'autore ha tenuto conto dei precedenti suoi studî e di quelli del Renz nelle regioni finitime; e poichè quelle contrade, ad eccezione dei dintorni di Selenitza, precedentemente descritti anche dallo stesso A., sono finora tra le meno esplorate, e fino a poco tempo addietro erano fra le più difficili a percorrere con sicurezza; poichè lo studio è ben condotto e giunge a conclusioni importanti, la Commissione è del parere che se ne debba ammettere la pubblicazione, con le solite riserve relative alla parte finanziaria.

Osservazioni geologiche sugli Acroceraunì e sui dintorni di Valona.

Memoria del dott. ALESSANDRO MARTELLI.

(con 4 tavole)

Il sistema montuoso dinaro-albanese, che dall'estremo lembo epirota delimita il margine orientale del bacino jonico-adriatico, si prolunga ininterrottamente da sud-est a nord ovest con fasci di pieghe parallele e accenna ad interrompersi nell'Adriatico con l'isola di Saseno e nei dintorni di Valona, presso ai quali — secondo i concetti orografici del Cvijić (1) — verrebbe a terminare il gruppo orografico greco-albanese occidentale.

L'Acroceraunia dà il nome a tutto il tratto di catena, che dalla baia di Valona si prolunga fino a comprendere i distretti montuosi della Chimara; e sebbene la sua importanza geologica, per le eventuali relazioni con i quesiti genetici delle prospicienti coste italiane, fosse già stata segnalata dal De Giorgi (2), pure la bibliografia della regione non annovera alcun contributo speciale alla conoscenza geologica di quelle montagne, a complemento delle notizie, sempre interessanti ma sommarie, dateci dai più noti studiosi di geologia albanese.

Anche oggi, con semplicità arcadica, i pastori albanesi esaltano nelle loro canzoni le leggende mitiche e gli incanti naturali dell'aspra Acroceraunia, che, *rocca del fulmine* (*ἄκρα κεραυνὸς*), s'erge maestosa a sfidare le furie degli uragani, mentre ai suoi margini di ponente i flutti marini s'infrangono impetuosi contro le rupi inospiti della costa.

Virgilio ammonisce:

. . . scopulosa Ceraunia nautae
Summa timent . . .

ed Orazio, inspirando all'Ariosto il pensiero per « l'Acroceraunio d'infamato nome », nell'ode alla nave che avrebbe condotto Virgilio in Grecia, canta:

Quem mortis timuit gradum
Qui siccis oculis monstra natantia,
Qui vidit mare turgidum et
Infames scopulos Acroceraunia?

(1) Cvijić J., *Die dinarisch-albanesische Scharung.* Sitzungsb. der k. Akad. der Wissensch, Bd. CX, Wien, December 1901.

(2) De Giorgi C., *Puglia ed Allania.* Rassegna Nazionale. Roma 1886.

A tempo dei Greci e dei Romani, l'Acroceraunia era praticata certo più di oggi, e la dotta opera archeologica del Patsch (1) sul Sangiaccato di Berat, non solo ha posto in evidenza tutte le tracce della civiltà greco-romana in quella parte dell'Albania, ma anche in quelle montagne acroceraune sulle cui coste presso Paleassa (*Palaeste* e *Majlika*), non lungi dalle così dette « Strade bianche (*aspri ruga*) », Giulio Cesare approdò nel gennaio del 48 av. C., con quell'esercito, che, più tardi e dopo le fortunose vicende del periodo illirico della guerra civile, battè Pompeo a Farsaglia.

Le carte alla scala di 1:300,000 e quelle, più recenti, di 1:200,000 (2), dell'Istituto geografico militare di Vienna, dànno una giusta idea della regione.

I varii lavori di A. Baldacci (3), sull'Albania, le notizie che servono di corredo alla ricordata pubblicazione di C. Patsch e quelle interessantissime coordinate in « Albania » da E. Barbarich (4) contribuiscono assai anche all'illustrazione geografica del territorio acrocerauno, da me fatto particolarmente oggetto di ricerche morfologiche e geologiche.

Morfologia.

Il capo Linguetta o Glossa (localmente contraddistinto con la denominazione albanese di *Gjuha Dukatit*) col prospiciente isolotto di Sàseno, rappresenta l'estremo nord-occidentale della catena littoranea epirota e demarca appunto il passaggio dalla costa piatta alluvionale e neogenica dell'Albania centrale lambita dall'Adriatico, alla costa rupestre dell'Albania meridionale bagnata dallo Jonio. La corrente litoranea jonico-adriatica, radendo la costa montuosa dal canale di Corfù a Saseno, regola la distribuzione dei materiali apportati dai torrenti e ostacola la costruzione dei delta lungo la catena costiera acrocerauna; ma, poichè devìa verso le maggiori profondità adriatiche constatate fra Monopoli e San Giovanni di Medua (5), non sembra avere analoga efficacia a nord del Capo Linguetta fra la Baia di Valona e le foci della Bojana, lungo il qual tratto di costa sboccano i principali fiumi albanesi e sono frequenti le insenature, le formazioni deltaiche, i banchi sabbiosi litoranei e le paludi. Fra le spiaggie falcate e il mare, sporgono qua e là rilievi rocciosi, un tempo isolati ed oggi connessi alla terra ferma mediante depositi recenti, presso i quali si aprono di preferenza i pochi porti ed approdi della costa settentrionale.

(1) Patsch C., *Das Sanschalk Berat in Albanien.* K. Akad. der Wissenschaften. Schriften der Balkankommission. Antiquarische Abteilung. Wien, 1904.

(2) Durazzo 37°-41° — Valona 37°-40° — Argyrokastro 38°-40°. — Per maggiore chiarezza, ho riportato nel presente lavoro i varî nomi di località, monti ecc., con la stessa ortografia e con le stesse segnature fonetiche con cui sono scritti sulla carta al 200.000, che mi è pure servita per la compilazione dell'unito schizzo geologico.

(3) Baldacci A., *Itinerarii Albanesi.* Memorie della Soc. Geografica Ital., 1892-1894-1897 — *Die westliche akrokeraunische Gebirgskette.* Mittheil. der k. k. Geogr. Gesellsch., Heft. 10, 11, 12, Wien 1896. — *Un'escursione allo scoglio di Saseno.* Boll. della Soc. botanica Ital., Firenze 1902.

(4) Barbarich E., *Albania* (Monografia antropogeografica). Roma 1905.

(5) Viezzoli F., *L'Adriatico.* Parma 1901.

Nelle adiacenze del golfo del Drin e fra Durazzo e Valona lungo la maremma albanese dello Scumbi e della Vojusa, serie discontinue di dune separano le lagune e peschiere rivierasche dagli stagni salmastri del litorale, del tutto impraticabile durante i mesi invernali.

Bassi fondi succedono e si mantengono per grande distanza rimpetto alle coste piatte, mentre alla costa rocciosa susseguono rapidi declivi nel fondo marino, tanto che dal Capo Linguetta verso sud, l'isobata di 40 metri decorre sempre prossima alla costa calcarea ordinariamente povera di acque correnti, ma solcata da *karren* e incisa da vallecole di erosione, che sboccano al mare con coni di deiezione talora imponenti.

L'intiero distretto acrocerauno comprende tutto il circondario (*kazà*) di Valona e la parte occidentale e settentrionale di quelli adiacenti di Tepelen e di Delvino, così che i suoi naturali confini sarebbero: A nord e ad ovest il Mare Adriatico e lo Jonio; ad est il corso della Vojusa; a sud una linea che dalla baia di Butrinto corre a nord-est per Delvino fino a Tepelen. L'Acroceraunia propriamente detta è però quella che costituisce la parte nord-occidentale dell'intiero distretto e che viene delimitata a settentrione e a ponente dall'Adriatico e dallo Jonio, e a levante e a mezzogiorno dal corso della Sušica e dai monti di Chimara.

Schematicamente, le montagne acroceraune risultano quindi formate da tre linee di rilievo, le quali irradiano dalle maggiori elevazioni del gruppo e cioè dal M. Kjore (m. 2018) e dal M. Cika (m. 2025); l'una verso NW fino al Capo Linguetta — punto convenzionale di separazione fra l'Adriatico e lo Jonio — costituisce la penisola del Karaburun fra la baia di Valona e il mare; l'altra verso nord, con lievi deviazioni locali, raggiunge le alture di Kanina e i dintorni di Valona, originando la catena della Lungara, che segna pure il displuvio fra la baia di Valona e la valle della Sušica; la terza finalmente si prolunga dal Kjore col contiguo Cika verso sud-est nei monti detti della Chimara (*Himara*) e raggiunge il M. Borsi (m. 1381), da cui una diramazione verso nord-est arriva fino alla Vojusa.

Il Kjore, col suo raccordo montuoso con la Lungara, non solo disgiunge i territorii amministrativamente dipendenti da Valona e da Delvino, ma segna pure etnograficamente una demarcazione notevole, separando le popolazioni che parlano albanese tosco da quelle meridionali che parlano greco.

Passando a cenni orografici meno generici, ricordo che a nord di Valona, fra la Sušica-Vojusa e le lagune costiere, si prolungano per una lunghezza di oltre 13 km. le colline plioceniche di Skrapani (m. 231), Asna (241) e Topane (m. 124), le quali, come le contigue alture mioceniche di Koči — costituite da argille sabbiose, marne e gessi — sono a dorso poco accidentato ma a fianchi scoscesi e solcati spesso da incisioni e da piccole forre d'erosione. Da Valona i rilievi si prolungano ininterrottamente verso sud-est e tendono ad elevazioni sempre maggiori; e così, da quelli minori a nord del paese, si arriva, per un terreno collinoso, fino ad oltre 380 m. di altitudine, attraversando la potente serie di argille sabbiose, marne, mollasse, puddinghe e arenarie mioceniche, la quale serie si addossa alle formazioni eoceniche della parte settentrionale della Sušica. In questi rilievi, lungo i cui margini di ponente si prolunga per tre chilometri la via dal paese di Valona allo Scalo, il versante della Sušica

è molto meno ripido di quello marino, di solito interessato da scoscendimenti e da frane.

Al piede delle colline verso il mare si distende la pianura, che presso Valona è sabbiosa e fertile, sebbene povera di acque freatiche.

La Lungara è prevalentemente calcarea e tende verso sud col suo crinale, ad elevazioni sempre maggiori, intramezzate da selle non molto ampie ma per solito fortemente e variamente modificate dall'erosione. Lungo una linea di vetta di circa km. 30, si sale dai 692 m. dell'estremità nord della Sašica ai 2018 del Kjore, e per quanto possa apparire irregolare l'andamento del rilievo, pure questo, nel suo complesso, segue la solita direttiva parallela all'asse adriatico, e raggiunge grado grado uno sviluppo basale massimo di km. 14 fra il rio di Dukati e la Sušica.

Nella Chimara e nella parte settentrionale della Lungara dalla Sašica verso il Mazari, si associano ai calcari scisti friabili e grosse lenti di selce piromaca e calcedoniosa, dal cui disfacimento risulta una minuta coltre detritica favorevole alla permanenza della bassa boscaglia e dei pascoli, che tanto contrastano con lo squallore del restante montuoso, arido e nudo. Questo manto detritico imprime alla zona montuosa meno elevata della Lungara il carattere morfologico di un paesaggio collinesco ad ampie curve, per quanto sempre delimitato da fianchi a forte declivio. Il sottosuolo calcareo-scistoso e siliceo della cresta, rivelato dai pascoli, ha ivi una grande estensione, ma ad intervalli sulle maggiori eminenze sporgono a nudo lembi di calcari più uniformi e pei quali rimarrebbe anche qui, come fra gli jugoslavi, assai appropriato l'appellativo generico di *planina*; appellativo, che, ormai entrato nella nomenclatura geografica serba, si riferisce alle sommità delle alture accidentate, in modo analogo a quanto si riscontra in quei lembi od estensioni di calcari di tipo carsico, che anche per il loro carattere morfologico spiccano sul resto scistoso dei rilievi. Con la scomparsa graduale delle intercalazioni scistose e selciose, il predominio assoluto nella formazione e nei caratteri morfologici da essa dipendenti, viene, dal Mazari verso sud, assunto dai calcari, che sporgono erosi nei loro potenti banchi, lungo il versante marino ripido e scosceso. All'opposto, i fianchi orientali della Lungara vanno rapidamente degradando nel versante della Sušica, con un pendìo presso a poco corrispondente all'inclinazione stratigrafica, ma di solito tanto più ripido quanto più sussegue alle maggiori elevazioni, finchè, a modificare l'aridità carsica dei calcari non succedono, fra le quote altimetriche 150-300, le formazioni neozoiche, le quali, in continuazione di quelle di Kanina e Valona, si sviluppano nelle valli della Sušica e della Vojusa e si distendono lungo i margini inferiori della Lungara.

Fra il bacino di Dukati, tutto ricolmo di depositi torrenziali, la Ćafa Singjergjit e il Cika, il paesaggio è dei più alpestri e dirupati. Grandiosi appicchi delimitano la montagna e, a guisa d'immense lavine, rilevanti ammassi di calcare frantumato dalle repentine alternative del caldo e del freddo, al primo urto si muovono dal margine delle rupi lungo l'erto pendìo. Dal Cika verso sud, per la Chimara, la catena va poi degradando con una piega allungata, erosa in gran parte verso il mare e sempre accidentata da burroni e precipizî.

Il passo di Logarà, a più di 600 m. sul mare, rappresenta morfologicamente una stretta e profonda sella a guisa di gola, con cui i rilievi costieri acrocerauni si

ricollegano all'acrocoro principale dei monti Kjore e Cika, donde si estendono per circa 35 km., saltuariamente degradando verso la penisola del Karaburun, e il Capo Linguetta.

Dal passo di Logarà alla pianura di Pašaliman, la valle d'erosione di Dukati è tectonicamente da considerarsi come valle anticlinale, profondamente incisa lungo la direzione della piega più esterna del sistema acrocerauno; ma anche senza entrare in accenni sulla tectonica della regione, si può tuttavia fin d'ora riconoscere, che, se le originarie pieghe appaiono intensamente corrose dagli agenti atmosferici e abrase ed erose dalle acque marine e dai torrenti, le linee generali dell'odierna morfologia non sono certo di data recente, perchè dove maggiore fu l'erosione, sia contro i fianchi sud-occidentali della Lungara, sia nelle valli di Dukati e della Grdžina, si addensano formazioni neozoiche coeve di quelle che succedono sulle eogeniche del versante settentrionale della Sašica.

Il sistema acrocerauno si differenzia per la sua importanza, elevazione e costituzione calcarea, dalla serie irregolare di alture che a nord-est di esso si succedono verso l'interno, sempre costituite dalla stessa formazione mio-pliocenica di marne, calcari incoerenti, mollasse e argille sabbiose, che dai dintorni di Valona ricolmano, insieme con le alluvioni, l'ampio bacino neogenico esteso fino ai margini del Tomor sopra Berat; ma trova in compenso forti analogie morfologiche e geologiche con lo ellissoide calcareo del Gribas, il quale subparallelamente ad esso, fra la valle della Sušica e della Vojusa, spicca imponente con i proprî fianchi ammantati dalle formazioni neogeniche della regione.

Il sistema idrografico del territorio qui preso ad esaminare è dei più semplici, e nei suoi particolari risulta, come quello orografico, di facile rilievo dalla semplice ispezione della carta. Sarebbe quindi superfluo entrare in dettagli.

Nella Sušica, alimentata di solito da torrenti di corso breve e rapido e soggetta — per la prevalente impermeabilità del proprio bacino — a piene notevoli, che allagando il fondo della valle rendono periodicamente melmosi e impraticabili i lembi marginali delle colline terziarie, va pure a confluire il rio Hanboly, che, nel discendere dalla Ćafa Singjergjit verso sud-est, raccoglie le acque del versante sud-orientale della Lungara e di quello nord-orientale della Chimara.

Il rio di Dukati è sempre ricco di acqua, alimentato com'è da un ampio bacino montano con numerose sorgenti; fra rigogliose foreste di abeti, faggi, querce e pini, scorre verso una valle ampia e monotona, che si apre all'estremo sud della baia di Valona, ramificandosi e dilagando fra i terreni paludosi di Pašaliman. Nella pianura riceve le acque del rio, che per la gola di Grdžina incide i colli di Trajas, e finalmente, presso la bocca di foce più orientale, quelle del breve Izvoru, che fa capo ad una ricca sorgente ed irriga profusamente anche in estate la pianura dominabile. Senza importanza invece pel rio di Dukati sono i contributi provenienti dalla sinistra, tutti temporanei e dovuti allo smaltimento superficiale delle acque piovane lungo gli alvei torrentizî dei ripidi fianchi dei monti costieri.

Sul versante acrocerauno roccioso e nudo, a sud-ovest del Passo di Logarà, le acque di pioggia si raccolgono nell'Aspri ruga o torrente delle Strade bianche, che, alquanto a nord del così detto porto Palermo, finisce al mare con un magnifico cono

di dejezione veramente tipico e più grande di quanti è dato osservare lungo tutte le coste adriatiche e joniche.

Fra il corso inferiore della Vojusa e la baia di Valona si estendono le grandi lagune, le quali prendono da Valona il loro nome generico, pur differenziandosi a sud in quelle di Arta, presso cui passano grado grado alla spiaggia periodicamente invasa dal mare, con saline che forniscono di sale gran parte dell'Albania.

Le dune della costa e le depressioni della spiaggia piatta ostacolano spesso il deflusso delle piene, e, col ristagno delle acque, anche le paludi rivierasche contribuiscono a rendere malarici i dintorni di Valona e quelli del corso inferiore del rio di Dukati, dove i terreni paludosi di Pašaliman occupano circa la sesta parte della valle bassa a sud della baia.

Dalle lagune fino presso Salvari, oltre cui succede una costa a scogliera, il margine della baia di Valona è da prima sabbioso, quindi pianeggiante ed acquitrinoso, e tale pure si ritrova fra Izvoru e Pašaliman, dove l'ampia pianura paludosa e malarica che s' interna fra i monti della catena acrocerauna va lentamente ricolmandosi per opera dei materiali trasportati dal rio di Dukati e dai torrenti che discendono dalle alture circostanti.

Oltre Pašaliman, fino al Capo Linguetta, la costa ritorna rocciosa, mediocremente ripida e frastagliata da insenature di trascurabile importanza.

Le carte idrografiche segnano fra l' isolotto di Saseno all' ingresso della baia e lo Scalo di Valona, una media profondità di 16 metri che va poi crescendo fino a 50 fra detto scalo e la baia di Pašaliman protetta da ogni vento. L' isobata di 10-20 m. corre a meno di un chilometro lungo la costa rocciosa fra Krionero e Punta Ramec, mentre ad ugual distanza dall'opposta riva del Karaburun, particolarmente presso alla così detta Cala Ragusea, la profondità si aggira intorno a 40 metri.

Da Capo Linguetta proseguendo a sud verso la Chimara e Porto Palermo, si costeggiano le squallide ed inospiti muraglie acroceraune, naturali baluardi alla protezione della baia di Valona

A complemento di questi dati morfologici sulla regione della baia di Valona, aggiungo pure brevi notizie sull' isolotto di Saseno, che si prolunga quasi trasversalmente all' imboccatura dell'ampia rada per poco meno di 5 km., e si allarga, sporgendo verso est, fino ad un massimo di 2 km. In complesso, questo grosso scoglio ha quindi una lunghezza di poco superiore a quella del canale che lo disgiunge a sud dal Capo Linguetta e pari alla metà circa del canale che verso oriente lo separa dal Capo Treporti. Rispetto alla sua genesi, Saseno rappresenta l'estremo lembo settentrionale del rilievo acrocerauno del Karaburun, e, come questo, risulta di formazioni calcaree del Cretacico, in modo che per i suoi caratteri geologici e per i conseguenti morfologici non si differenzia molto dagli analoghi scogli coevi, tanto diffusi sull'Adriatico orientale dal golfo del Quarnero allo Jonio.

Nella parte occidentale, Saseno presenta la maggior elevazione di m. 331 e una costa dirupata; nella parte orientale invece, verso la baia, alla formazione calcarea compatta si addossano in discordanza terreni argillosi e sabbiosi analoghi a quelli dei pressi di Valona. A questa differente costituzione rimane subordinata la morfologia costiera dell' isolotto, che contrappone alla furia del mare aperto dirupate

ma non molto alte scogliere di calcare compatto, mentre ad oriente termina meno scosceso, ma sempre difficilmente accessibile, salvo che a NE, dove la piccola insenatura di S. Nicolò offre un facile approdo per le barche da pesca, anche durante le burrasche, essendo protetta dal maestrale, dal ponente, e, per la prossimità dei rilievi acroceraunì, anche dai venti di mezzogiorno.

La formazione argillosa e sabbiosa che, in piccole colline cosparse di vegetazione prativa, ammanta l'isola a levante e a settentrione fino ad attorniare la piccola insenatura di San Nicolò, raggiunge una quota di m. 150-160, oltre la quale rimane a nudo la formazione calcarea di base, scoperta pure e superficialmente accidentata nella parte più elevata di Saseno, a mezzogiorno ed a ponente. La superficie di Saseno si calcola a circa 950 ettari, e per un quinto almeno sarebbe suscettibile di coltura; ma tormentata dalle raffiche sterilizzatrici della bora, rimane quasi del tutto incolta.

Sembra che lo stato di abbandono di Saseno, oggi abitato dai soli guardiani del faro, risalga solo a pochi secoli, giacchè in quest'isola rimangono ruderi di vecchie costruzioni. La piccola sorgente presso l'insenatura di S. Nicolò, rappresenta una risorsa non piccola per questo scoglio lasciato sempre sguarnito anche dalla Repubblica di Venezia, che pure aveva potentemente fortificato la baia di Valona nelle migliori località di difesa e dominazione del golfo, e cioè presso lo scalo, a Kanina, a Krionerò e attorno alla rada di Pašaliman.

Dalla carta idrografica si rileva che le acque sono molto più profonde a ponente e a sud che non ad est di Saseno; ed infatti anche l'ingresso dei vapori nella baia di Valona, si effettua di preferenza nel canale fra Saseno e il Capo Linguetta.

In rapporto alla vegetazione, possono comprendersi nella regione floristica mediterranea tutte le zone costiere, quelle collinesche e montuose attorno alla baia di Valona fino a 1200 metri circa. Ai dumeti delle regioni incolte e meno frequentate, subentra presso Valona, nella valle della Sušica e in talune località di quella di Dukati, una prospera vegetazione di olivi, di viti, di altri alberi fruttiferi e della quercia vallonea.

A maggiori altitudini, e fino a 1500-1600 metri, alla sempre verde flora mediterranea succede quella della regione dei boschi di montagna, che, con successive selve di pini, querce, faggi ed abeti, e cioè di piante proprie del monte delle regioni calcaree adriatiche, tende a rivestire i fianchi medî e superiori dei monti e a rendere meno palesi gli effetti delle erosioni. Al disopra dei 1500-1600 metri si sviluppa la flora artica alpina di sassifraghe, genziane, lilliacee, sulle rupi, nelle fenditure delle rocce, sui detriti scomposti e sulle lavine sassose presso le vette o nell'interno degli alti bacini di ricevimento; flora che il Baldacci, nei suoi molteplici studî fitogeografici nella penisola balcanica, credè di poter localmente differenziare nei classici tipi subalpino, alpino propriamente detto, e niveale.

Secondo il Barbarich, che considerò la flora albanese anche in riguardo alla natura dei terreni, al disotto delle vette calcaree quasi prive di vegetazione, radi cespugli e sterpi e meno stentati pascoli vengono a segnare la transizione ai medî versanti provvisti di boschi di montagna; dumeti e pascoli succedono sull'alto dei rilievi neogenici, e colture di cereali e di alberi fruttiferi ai margini; finalmente nelle regioni alluvionali, contraddistinte da terre forti da lavoro e sfruttate da un'agricol-

tura primordiale a prati e campi irrigui con arature superficiali imperfette e subordinata all'importanza delle inondazioni periodiche, si coltiva grano, avena, fieno e mais, come nelle soglie di terreno asciutto presso ai limiti delle paludi littoranee.

Appunti bibliografici.

Nel vecchio lavoro del Boué (1) si accenna ad uno sviluppo di calcari cretacei ed eocenici verso l'interno, e di argille e sabbie più recenti presso le coste dell'Albania centrale; ma neppure le notizie generiche date dall'autore per questa regione conservano l'importanza di quelle relative ad altre parti dell'Albania, giacchè risultano spesso troppo vaghe ed inesatte, così che — come già dimostrai a proposito dei terreni di Selenitza (2) — appaiono di sovente più come un compendio di indicazioni indirettamente raccolte che non come un risultato di osservazioni proprie.

Un contributo notevole alla geologia del litorale albanese venne invece apportato dal Coquand (3), che descrisse sommariamente anche i dintorni di Valona con l'intento precipuo di ricollegare i terreni bituminiferi di Selenitza (Selenica) alla serie di quelli che ad occidente costituiscono l'ossatura montuosa dei terreni neogenici del Sangiaccato di Berat. Il Coquand, con osservazioni originali sui dintorni immediati di Valona e sull'inizio settentrionale della Lungara, pone in evidenza il grande sviluppo assunto dalle formazioni sabbiose e argillose, associate, secondo le località, a gessi, a marne, a puddinghe e ad arenarie, riferendone l'insieme al Pliocene, e assegna infine all'Eocene la serie dei calcari con selce della Lungara, nella quale ammette inoltre l'esistenza di calcari a rudiste come nel Capo Linguetta. A questo lavoro, il solo che contenga notizie geologiche abbastanza dettagliate sui dintorni di Valona, avrò occasione di fare in seguito frequenti richiami.

Il riferimento — dirò così — induttivo alla Creta superiore e inferiore che delle montagne acroceraune venne fatto prima sulla carta del Toula (4) e poi sulla *Carte géologique internationale de l'Europe* (Livr. III, Berlin 1898) si fonda principalmente sui risultati complessivi degli studî del Neumayr e Bittner (5) sulla Grecia, poichè il distretto acrocerauno non era fino allora stato oggetto di speciali ricerche

(1) Boué A., *Esquisse géologique de la Turchie d'Europe.* Paris 1847.

(2) Martelli A., *Le formazioni bituminifere di Selenitza in Albania.* Boll. Soc. Geogr. It., fasc. III, Roma 1906.

(3) Coquand H., *Description géologique des gisements bituminifères et petrolifères de Selenitza dans l'Albanie et de Chieri dans l'île de Zante.* Bull. de la Soc. géolog. de France, 2e sér., tom. XXV, n. 1. Paris, 1868.

(4) Toula F., *Geologische Uebersichtskarte der Balkanhalbinsel.* Mitteilung. von Petermann, Bd. XXVIII, Gotha 1882. — *Materialen zur einer Geologie der Balkanhalbinsel.* Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt, Bd. XXXIII, Wien 1883. (Dello stesso autore merita pure d'esser consultato: *Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan und abschliessender Bericht über diese geologischen Arbeiten in Balkan.* Denkschr. der k. Akad. der Wissensch., Bd., LXIII, Wien 1896.

(5) Neumayr M. und Bittner A., *Die Gliederung der griechischen Sediment/formationen.* Denkschr. der Akad. der Wissensch., Wien 1880.

geologiche. I predetti geologi divisero infatti le formazioni mesozoiche della Grecia settentrionale e quelle dell' Epiro, in un calcare inferiore e in uno superiore con un complesso interposto di scisti, arenarie e marne; e tutta la serie ritennero cretacica.

Il Philippson, che fin dal 1890 si era occupato del Peloponneso e successivamente della Grecia settentrionale, estese le sue ricerche anche nell' Epiro (1); ma, come nei primi lavori si attenne pel Mesozoico e l' Eocene alle suddivisioni del Neumayr e del Bittner, in quelli sulla Grecia settentrionale ed Epiro, fino agli ultimi pubblicati (2), modificò alquanto le predette opinioni cominciando ad ammettere per i calcari del Pindo un'età più antica della Creta e distinguendo dal *flysch* un complesso marno-argilloso associato a calcari, che nell'Epiro appare analogo a quello sviluppato non solo nel Pindo ma anche a Corfù, dove dal Partsch (3) venne designato col nome di calcare di Viglaes e riferito al Giura, per essersi presentato, con *Posidonomyae* e cefalopodi del Lias, alla base della serie apparentemente ininterrotta fino al *Rudistenkalk*.

Accenni indiretti alla costa fra Valona e Santi Quaranta troviamo nel lavoro del De Stefani (4) sull' isola di Corfù e in quello, di recente pubblicato, sulla geotectonica dei due versanti adriatici (5).

Il Renz (6) a proposito delle formazioni mesozoiche della parte sud-occidentale della penisola balcanica, non dubita della continuità della serie dal Lias medio fino alla Creta nel secondario dell' Epiro e di talune isole Jonie, non ostante le difficoltà che nel rilievo geologico apportano le non rare fratture e i frequenti accavallamenti, avendo anch'egli riconosciuto fossili del Lias medio e della Creta nei termini estremi della serie mesozoica. Proprio sul fondamento posto dal Partsch e dal De Stefani, il Renz iniziò le sue ricerche a Corfù, estendendole più tardi a parte della Grecia e dell' Epiro (7), e come conclusione alle sue ricerche riunisce in un prospetto la successione degli strati da lui rilevata, ponendo altresì in risalto come nella regione jonica si ripeta una *facies* di *Plattenkalk*, associato con selce e petrograficamente molto simile, nelle tre seguenti formazioni:

a) calcari di Olonos nel Trias;
b) calcari di Viglaes nel Giura;
c) calcari di Paxos nell' Eocene.

(1) Philippson A., *Geologische Reise in Nordgriechenland und Türkisch-Epirus 1895.* Denkschr. der Akad. der Wissensch. Wien 1896.

(2) Philippson A., *Geologische Reise in Nordgriechenland und Makedonien 1899 und 1900.* Denkschr. der Akad. der Wissensch. Wien 1901. — *Zur Geologie Griechenlands.* Monatsber. der deutsch. geol. Gesellsch., n. 4. Berlin 1903.

(3) Partsch J., *Die Insel Corfu.* Petermann's Mitteilungen. Ergänzungsheft, n. 88. Gotha 1887.

(4) De Stefani C., *Observations géologiques sur l'île de Corfou.* Bull. Soc. Géolog. de France. Paris, 1894.

(5) De Stefani C., *Géotectonique des deux versants de l'Adriatique.* Ann. de la Soc. géol. de Belgique, Mém., tom. XXII, Liège 1908.

(6) Renz C., *Ueber die mesozoische Formationsgruppe der südwestlichen Balkanhalbinsel.* Neues Jahrbuch für Miner. Geol. und Paläont. Beilage Band. XXI, Stuttgart 1906.

(7) Renz C., *Neue Beiträge zur Geologie der Insel Corfu.* Monatsber. der deutsch. geol. Gesellsch., n. 5. Berlin 1903. — *Ueber neue Vorkommen von Trias in Griechenland und von Lias in Albanien.* Centralbl. für Miner. Geol. und Paläont., n. 9. Stuttgart 1904.

Secondo le ricerche del Renz, la successione dei terreni nella parte sud-occidentale della penisola balcanica può infatti così riassumersi:

Trias:

Gruppo di calcari di Olonos con *Plattenkalk* selcifero e scisti con *Daonella styriaca.*

Dolomia principale.

Giura:

Calcari in grossi banchi con coralli, brachiopodi e ammoniti del Lias inferiore e medio.

Gruppo dei calcari di Viglaes marnosi e brecciati, con scisti e *Plattenkalk* selcifero, con *Posidonomya Bronni* nella parte inferiore (Lias superiore) e con fossili del Dogger nella parte superiore.

Creta:

Calcare a rudiste.

Eocene:

Calcari mummulitici e in parte con *Plattenkalk* e selce (gruppo dei calcari di Paxos).

Flysch.

In una Nota successiva (1) lo stesso autore tende poi, per talune località dell'Epiro, a restringere la zona dei calcari liasici a vantaggio del Dogger. Il Renz, assai fortunato nelle sue ricerche di fossili triasici e giuresi, ha di preferenza esteso i suoi rilievi ai soli terreni che gli hanno presentato sicuri elementi paleontologici; e perciò non ha tentato una suddivisione nella Creta, come — per non varcare i limiti entro i quali aveva ristretto il suo interessante lavoro — non si è indugiato in un'ulteriore suddivisione dell'Eocene, limitandosi per questo alla indicazione di località eoceniche già come tali riconosciute dal Philippson (2) nel litorale epirota e nel Peloponneso, e alla citazione del mio studio su Paxos (3).

A complemento di quanto ha esposto il Renz, riporto qui quanto ho già avuto occasione di esporre in una mia recente Nota (4), e cioè che « il così detto gruppo dei calcari di Olonos, rinnova all'incirca quell'insieme petrografico, che, sottoposto alla Dolomia principale, si trova tipicamente sviluppato nel Trias medio dell'Alta Albania, del Montenegro e della Dalmazia meridionale; mentre il gruppo dei calcari di Viglaes, col suo ragguardevole sviluppo di selce, di calcari esilmente stratificati

(1) Renz C., *Oberer und mittlerer Dogger auf Corfu und in Epirus.* Monatsber. der deuts. geolog. Gesellsch., n. 5. Berlin, 1908.

(2) Philippson A., Op. cit. — *Der Pelopponnes.* Berlin 1892.

(3) Martelli A., *Paxos e Antipaxos nel mare Jonio.* Boll. della Soc. geogr. ital., Roma 1901. — *Le formazioni geologiche e i fossili di Paxos e Antipaxos.* Boll. Soc. geol. ital., Roma 1901.

(4) Martelli A., *La serie geologica delle coste dell'Albania meridionale.* Atti della Soc. Ligust. di Sc. Nat. vol. XIX, Genova 1908.

e di scisti con fossili giuresi, rappresenta una formazione mesozoica, quasi direi, peculiare del bacino jonico orientale, formazione, che — almeno per la sua *facies*, diffusione e potenza — non trova corrispondenze nei terreni delle regioni adriatiche più a nord. In queste infatti vennero bensì distinti depositi fossiliferi del Dogger e del Malm, ma tali formazioni giuresi, a differenza della varietà litologica del gruppo di Viglaes, si presentano nel bacino orientale adriatico con un carattere petrografico e geo-morfologico indifferenziato dall'uniformità dei calcari dinarici ». Non è improbabile che nel Mesozoico della Grecia e dell'Epiro, in quella successione di calcari che dal gruppo fossilifero di Viglaes si sovrappone in concordanza fino al calcare a rudiste, si abbiano pure, per quanto ridotti, gli equivalenti del Giura superiore e della Creta inferiore, oltre ai rappresentanti del Dogger già distinti dal Renz, tanto più che nella regione illirica venne dimostrata l'esistenza del Titonico e della Creta inferiore, così come in quella ellenica si accertò l'esistenza dei più alti livelli del Giura e dei più bassi del Cretacico (1).

A proposito dei lavori del Renz e delle sue citazioni staccate su talune località della regione da me studiata, debbo infine osservare che nella Lungara l'associazione della selce ai calcari eocenici è talvolta così importante da poter essere comparata e confusa con quella riscontrabile nei gruppi di Olonos e di Viglaes, mentre a Paxos non mi apparve tale da assumere tutto lo sviluppo caratteristico assegnatole dal Renz, che del resto nei suoi interessanti lavori cita soltanto le formazioni eoceniche di Paxos come omotipe dei gruppi suddetti. Anche per l'Albania, come per le altre regioni orientali del bacino adriatico e jonico, lo studio geologico viene ad essere ostacolato prima dalla scarsezza di resti organici e poi dalle condizioni tectoniche complicate per fratture e accavallamenti, così che, senza punti di riferimento paleontologici, difficilmente si può pervenire a conclusioni sicure, basandosi sulla giacitura degli strati. Di qui la necessità di essere cauti nell'applicare a determinate località le cognizioni generali, che sulla tectonica della regione albanese meridionale vennero in questi ultimi anni tratteggiate.

Barbarich (2), seguendo le idee del Philippson (3) e del Cvijić (4), distingue dai rilievi albanesi del settentrione, del centro e del margine macedone, quelli che, riconnettendosi al fascio montuoso greco-occidentale, costituiscono il sistema dell'Albania meridionale « con pieghe parallele assai allungate, disposte da sud-est verso nord-ovest, composte in massima parte da calcari del Mesozoico e da *flysch* e con larghe distese di *flysch* eocenico fra le anticlinali »; comprende quindi primieramente in tale sistema la piega che « si estende dagli Acrocerauni, violentemente interrotti presso alla faglia (?) di Valona in forza del crollo che originò sull'Adriatico inferiore la così

(1) Cfr. Partsch J., *Cephallenia und Ithaka.* Petermann's Mitteil. Ergänzungsheft, n. 98. Gotha 1890. — Cayeux L., *Sur l'existence du Jurassique supérieur et du Crétacé inferieur en Grèce.* Compt. rend. de l'Acad. de Sciences, 1903; Bull. de la Soc. géolog. de France, Paris 1904.

(2) Barbarich E., op. cit. — *Saggio per una sistemazione orotectonica della regione albanese.* Boll. Soc. geogr. ital. fasc. VII, Roma 1904.

(3) Philippson A., *Reisen und Forschungen in Nord-Griechenland. VI Epirus.* Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin, Bd. XXXI, 1896.

(4) Cvijić J., *Die Tektonik der Balkanhalbinsel.* Comptes Rendus du IX Congrés Gèol. de Wien, 1903.

detta Fossa Jonica, fino alle foci del Vuvòs ». In seguito alle indicazioni del Coquand, Barbarich ricorda che tale catena « risulta di banchi calcarei sprofondati all'estremo nord sotto uno spesso strato di marne plioceniche, di argille bluastre, sabbie, arenarie, puddinghe e calcari conchigliferi », e che la baia di Valona si apre fra le ali delle successive anticlinali della Lungara e dell'Acroceraunia propriamente detta. Scorrendo l'accurato lavoro del Barbarich, nei capitoli relativi alle linee direttive del rilievo e al Terreno e alle Coste, potrebbe forse apparire soverchia la tendenza dell'autore nello ammettere le fratture; ma questa tendenza non si può d'altra parte non giustificare tenendo presente che, secondo molti geologi e contrariamente alle idee espresse nel recente lavoro del De Stefani, la serie dei corrugamenti costieri con direzione subparallela alle rive orientali dell'Adriatico, seguirebbe il margine della grande zona dislocata dalla supposta scomparsa di un'Adria, e che di tale grandioso fenomeno si vorrebbero vedere le tracce nella serie di fratture che dalle Alpi venete, per l'Istria e la Dalmazia, si estenderebbero fino al Peloponneso (1).

Accennato così per sommi capi alle principali conoscenze geologiche le quali direttamente o indirettamente si riferiscono al nostro argomento, passo alla rassegna delle varie formazioni dell'Acroceraunia e dei dintorni di Valona, cominciando da quelle giuresi, giacchè, a differenza di altre parti dell'Epiro, non mi risulta che nelle montagne acroceraune affiorino formazioni triasiche; nè la *facies* di calcare con selce, in esse sviluppata, può dar luogo ad analogie paleontologiche (chè di fossili triasici manca ogni traccia) ma nemmeno petrografiche col gruppo dei calcari di Olonos, data pure la sua scarsa associazione con gli scisti, oltre la sua perfetta corrispondenza col gruppo di Viglaes.

Giura.

Le più profonde formazioni poste allo scoperto nell'Acroceraunia, sono — nello stato attuale delle ricerche — da ascriversi al Lias; e siccome gli scarsi ma importanti fossili trovati nei membri immediatamente superiori a quelli di base attestano la presenza del Lias superiore, è da ritenersi che i sedimenti del potente complesso calcare, scoperti sui fianchi sud-occidentali della Lungara e in quelli della Chimara e sottostanti agli strati fossiliferi, discendano con identità di aspetto fino a comprendere i livelli medii, e forse anche inferiori, del Lias.

Per meglio render conto della giacitura delle formazioni giuresi, credo utile di subito premettere ciò che mi risulta come la sintesi delle osservazioni stratigrafiche, che verrò man mano esponendo.

Il sistema montuoso acroceraunо, da noi preso a considerare, risulta originariamente di due ellissoidi giuresi molto allungati NW-SE. e l'uno contro l'altro addossati e disposti in modo da riprodurre quella successione a scenario, che già lo

(1) Diener C., *Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes*, pp. 151 e seg. In *Bau und Bild Oesterreichs* von Diener, Hörnes, E. und F. Suess, und Uhlig. Wien 1903.

Cvijić mise in evidenza pel sistema dinaro-albanese. Il primo, che potremo chiamare della Lungara, più interno e più settentrionale del secondo, appare oggi in gran parte eroso lungo il suo versante marino, e con l'aspetto prevalente di piega monoclinale; il secondo, più esterno e più a sud, costituisce l'esteso rilievo costiero acrocerauno, oggi intensamente eroso lungo il fianco occidentale nella regione della Chimara e profondamente inciso dal rio di Dukati, nella sua parte di settentrione, in corrispondenza della vòlta anticlinale. A questa piega più esterna succede poi la formazione cretacica, che costituisce tutta la penisola del Karaburun fra la baia di Valona e lo Jonio, come a quella più interna susseguono, pure a nord, formazioni più recenti.

Se si eccettuano le frequenti inflessioni e i non rari ripiegamenti secondarî delle formazioni, si può dire che dalla Sašica verso sud la successione è immersa prevalentemente a NE, con inclinazione spesso molto forte, e che, per conseguenza, sporge con le testate sul versante della baia di Valona, presentando alla base una ricca serie di banchi e di strati calcarei, i quali comprendono nella loro parte superiore numerose intercalazioni di selce bruna e bionda in arnioni e lenti assai estese. Le condizioni della stratigrafia sono spesso nascoste sui pendii da abbondanti detriti di frana e di falda; ma tuttavia la formazione calcarea più profonda, sempre fortemente corrosa, fratturata e disturbata, che rimane scoperta lungo la costa fra Krionero e Razima dando origine a grandiose scogliere, presenta le testate dei suoi banchi immersi a nord-est con poche varianti locali, come costantemente a reggi-poggio, con 35°-45° a NE, si mantengono i banchi della stessa formazione, scoperti più in alto sui fianchi dei monti Mazari, Gufo e Brataj. Da Krionero verso Razima, e procedendo sulle alture verso sud, finchè l'inclinazione stratigrafica si mantiene a NE, si passa dunque dalle formazioni relativamente meno antiche a quelle grado grado più profonde. I calcari alla base della serie sono compatti, talvolta bianco-lattei, tal'altra avana-chiari e rossi, ricchi di grosse druse di calcite e con non rare alternanze di banchi di calcare brecciato ed ocraceo con noduli selciosi.

I più profondi calcari, qua e là allo scoperto, non mi hanno presentato fossili, ma tenendo conto e del loro carattere petrografico e della loro posizione sotto ai calcari sicuramente liasici superiori, ritengo che essi debbano equivalere agli analoghi che in più punti dell'Epiro hanno mostrato coralli del genere *Stylophyllopsis*, brachiopodi della fauna a *T. Aspasia*, bivalvi e gasteropodi del Lias medio (1), senza, per altro, petrograficamente differenziarsi in modo palese da quelli che nel bacino jonico vennero dal Renz trovati in concordanza sopra ai calcari e alle dolomie corrispondenti all'orizzonte del *Dachsteinkalk* delle Alpi.

Il Lias superiore, con calcari e marne con tracce di *Harpoceras* sp. e con *Posidonomya Bronni* Quenst. citata dal Renz, è pure esso mal delimitabile nell'Acroceraunia; ma in complesso sembra costituire, strettamente connesso col Lias medio, l'ossatura delle pieghe della Lungara e della Chimara, e rimanere allo scoperto sulle alture fra il Mazari e lo Stogo, nelle più profonde zone del bacino di Dukati e alla base delle formazioni selcifere sviluppate lungo i fianchi occidentali della catena della

(1) Philippson und Steinmann, *Ueber das Auftreten von Lias in Epirus*. Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch., Berlin 1894.

Chimara. Il Toarciano ammonitifero si continua dunque dalla Baia di Valona alla Chimara, mostrando nei dintorni di Krionero e di Dukati calcari leggermente marnosi, bianchi e rossi, con frammenti numerosi di *Hildoceras*, che il Renz (1) attribuisce al gruppo del *H. comense* Buch. e che sul versante marino del Cika si associano in identici calcari marnosi bianchi e rossi, con:

Coeloceras subarmatum Joung et Bird., var. *evoluta* Quenst.
Harpoceras confr. *subplanatum* Opp.
Hildoceras sp.
Hildoceras confr. *comense* Buch.

Questi rappresentanti della zona ad *H. bifrons*, rendono la *facies* albanese perfettamente corrispondente a quella di Strinilla nell'isola di Corfù, mentre gli strati sovrastanti e quelli con calcari selciosi, sono — come vedremo fra poco — da ascriversi al Dogger. Possiamo dunque con ragione considerare tutti i calcari sottostanti al così detto *Plattenkalk* con selce come un complesso stratigrafico coevo di quello che nel contiguo Epiro e in posizione corrispondente offrì già larga messe di brachiopodi del Lias medio e di ammoniti del Lias superiore e del Dogger inferiore.

In continuazione dei calcari liasici della Lungara stanno pure quelli nei quali è inciso il bacino di Dukati e che in grossi banchi si possono notare alla base delle abrupte muraglie delimitanti detta valle, fino al contatto con i rilevantissimi depositi di conglomerati, breccie e massi distaccati dalla montagna circostante e di copiose deiezioni torrentizie, fra le quali lo stesso rio di Dukati e i suoi principali confluenti scorrono incassati. Salendo poi da Dukati verso il passo di Logarà, gli alti depositi dei torrenti, le fitte foreste, e, dove queste mancano, i dirupi inaccessibili, non consentono osservazioni dettagliate sulla successione stratigrafica; ma è evidente che per la regolare continuità del deposito e per le corrispondenze nella stratigrafia fra un lato e l'altro della valle d'erosione, debbono succedersi sui calcari del Lias quelli del Dogger, sviluppati in tutta la zona montuosa acrocerauna. I monti costieri ad ovest della valle anticlinale del Dukati e della gola di Logarà risultano infatti di strati inclinati a SW e SSW di 30°-35°; mentre quelli ad oriente, evidentemente corrispondenti, hanno un'immersione opposta a NE e a NNE.

Una distinzione fra i calcari del Lias superiore e quelli del Dogger inferiore non è per ora possibile in questa regione, dove un vasto campo rimane ancora aperto alle ricerche di fossili e ai rilievi stratigrafici; ma siccome il passaggio dai calcari senza selce a quelli con selce e scisti a *Erycites*, *Posidonomyae* e *Aplyci*, che nell'Epiro e a Corfù vennero dopo molte incertezze nettamente definiti nella loro posizione stratigrafica essendosi trovati a sormontare in concordanza i calcari con *Stephanoceras Humphreysianum*, avviene senza discordanze o lacune avvertibili, così è probabile che, se ancora non si sono trovati fossili del Dogger inferiore, la transizione alle formazioni del Dogger medio e superiore avvenga parimente anche qui senza interruzione. Del resto, anche nel contiguo Epiro, le fortunate ricerche del Renz,

(1) C. Renz, *Le Jurassique en Albanie méridionale et en Argolide*. Bull. de la Soc. géolog. de France, nn. 7-8, Paris 1907.

che pure hanno condotto al ritrovamento di importanti ammoniti bajociane caratteristiche, hanno potuto stabilire la potenza verticale relativamente esigua dei calcari del Dogger inferiore.

Tanto nella Lungara quanto nella Chimara, agli strati fin qui menzionati succede una serie rilevantissima di calcari con marne e scisti a *Posidonomyae* e ad *Aptyci* e con selci calcedoniose, petrograficamente corrispondente a quella del Pindo, posta dal Philippson al limitare fra la Creta e l'Eocene e poi sincronizzata dal Renz col gruppo dei calcari di Viglaes.

La parte principale e caratteristica di questa formazione è assunta dai calcari bianco giallastri e, meno di frequente, rossastri e screziati, non più in grossi banchi, ma in strati di poca potenza verticale fino a ridursi talora in straterelli relativamente sottili e con superfici-limiti chiaramente definite. Questa particolare forma di sedimento che, per l'analogia con i calcari Viglaes e per brevità, distinguerò anch'io come *Plattenkalk*, invece di presentare una successione omogenea, si alterna talora con calcescisti gialli, grigio-chiari e neri, con marne turchiniccie, gialle e rossastre, e finalmente s'intercala ancora, e più potentemente, con selce piromaca e calcedoniosa gialla, rossastra e bruna turchiniccia, sviluppata in grossi arnioni e in lenti di tale estensione e potenza da conseguire sovente perfino l'aspetto di veri e propri strati indipendenti dal *Plattenkalk*, e ciò sempre nel limite delle comparse di *Posidonomyae* confrontabili con la *P. alpina* Gras. Tali differenti depositi sono tutti fra di loro strettamente connessi e concordanti; e come si nota una grande varietà di tipi rocciosi lungo la direzione verticale, così si avvertono sostituzioni locali di selce agli scisti, alle marne, agli stessi calcari e viceversa, e sviluppi prevalenti di una forma petrografica sulle altre, anche in direzione orizzontale.

Nel livello del *Plattenkalk* con selce, il Renz citò da prima la presenza della *Posidonomya Bronni* Quenst., menzionata anche in precedenza dal Partsch a Corfù su determinazione dello Zittel, e quindi al Lias superiore riferiva una rilevante serie di tali calcari; ma successive ricerche in Epiro e a Corfù lo condussero a modificare in parte le idee già espresse nel lavoro del 1906 e a stabilire con maggior sicurezza l'orizzonte di formazioni fossilifere del Lias e del Dogger. Un più esatto esame delle *Posidonomyae* raccolte negli scisti e calcari con selce immediatamente soprapposti in più località — come nell'Isola di Vido a nord del porto di Corfù e nella parte occidentale della penisola epirota di Pagania — ai calcari bajociani superiori con *Stephanoceras Humphreysianum*, fece riconoscere che non si trattava della *P. Bronni*, ma sibbene di forme tutte rimarcabili per la conchiglia finamente striata e per la presenza di coste più grossolane che non nella *P. Bronni*, così da lasciar presumere la loro appartenenza alla *P. alpina* Gràss. Molte delle formazioni con posidonomie della Chimara e della baia di Valona ritenute da prima liasiche, debbono venire quindi ringiovanite; e siccome una stessa questione si agita pure pel mesozoico dell'Appennino settentrionale e delle Alpi apuane dove scisti con *Posidonomyae* — identici petrograficamente e paleontologicamente a quelli da me pure raccolti — considerati da tempo come liasici superiori, vennero dal De Stefani [1] ringiovaniti fino al Dogger,

[1] De Stefani C., *Le pieghe delle Alpi Apuane*. Cap. IV. *Giura* (Pubblicaz. del R. Istit. di Studî Superiori. Firenze 1889).

ho trattato di questo argomento in una breve Nota speciale (1), nella fiducia che il nuovo dato raccolto nella penisola balcanica potesse valere a chiarire uno dei punti rimasti ancora oscuri ed insoluti della geologia dell'Appennino settentrionale.

I calcari e scisti con *Posidonomyae* comparabili con la *P. alpina* e gli scisti con *Aptyci* del gruppo dell'*A. lamellosus*, che ho raccolto fra la Sašica e il Hon nei più alti livelli del complesso in parola, rappresentano due termini fossiliferi di una serie mesozoica molto bene sviluppata e studiata più a sud, e rispettivamente equivalenti — secondo le conoscenze attuali — al Bajociano superiore (Zona della *Parkinsonia Parkinsoni*) e al Bathoniano, e quindi, nell'insieme, agli strati di Klaus delle Alpi meridionali.

Anche nel capitolo relativo alla morfologia abbiamo veduto quale importanza e quale diffusione consegua questa formazione con selce nella parte settentrionale e nord-orientale della Lungara fra la Sašica e il Mazari, tanto che, a scanso di ripetizioni, ritengo superfluo l'insistervi. Meno palesi, e più difficilmente rilevabili per le cause già esposte, ne sono poi le comparse sotto le formazioni calcaree di vetta dei monti che coronano il bacino di Dukati e a sud del Brataj e della Ćafa Singjergjit.

La serie stratigrafica scoperta lungo il fianco occidentale della catena del Cika, che si prolunga regolarmente verso Santi Quaranta e arriva dal Lias medio fino al Dogger, mostra predominanti nella zona montuosa della Chimara i calcari selciferi con posidonomie, variamente colorati dagli ossidi idrati di ferro e di manganese; e pel fatto che le stesse formazioni si ritrovano nella Chimara sviluppate allo stesso livello altimetrico e prolungate sul fianco eroso della lunga piega parallelamente alla costa, risulta ancora una volta evidente che la direzione stratigrafica, non ostante il variare del valore angolare dell'inclinazione e i frequenti disturbi locali, in massima non devìa da quella dell'asse adriatico-jonico.

Ai calcari del Brataj, del Paliska e del Hon, che trovano i propri corrispondenti in quelli, più alti, dei prospicienti monti costieri di Elias e Atanasio, succedono in serie ascendente i calcari, talora magnesiferi, del Kjore e del Cika, interessanti soprattutto per avermi mostrato resti non molto abbondanti, ma riconoscibili, di:

Terebratula confr. *pectorosa* Roth.
Terebratula sp.
Rhynchonella sp.

simili a quelle già note nel Giura dinarico; e di più, presso la sommità del Kjore un calcare ricco di gasteropodi del genere *Nerinea*, *Amberleya* e *Ptygmatis*, e comparabile, per le forme dei mal conservati individui, alle lumachelle a gasteropodi del Malm del Montenegro.

I fianchi del Kjore e del Cika, solcati da profonde incisioni tutte ingombre di sassose lavine, vanno rovinando con balze e precipizî dalla parte del mare; ma anche nella stretta e frastagliata cresta si nota agevolmente l'inclinazione stratigrafica di 35°-40° a NE, come nelle minori elevazioni più a nord, così che all'erosione sul versante marino si contrappone verso l'interno un ripido pendìo corrispondente all'in-

(1) Martelli A., *Sull'età degli strati a Posidonomya dell'Appennino toscano e dell'Albania.* Rend. R. Accad. dei Lincei. Sez. Sc. fis. mat. e nat., 2° sem., fasc. 8. Roma 1910.

circa all' immersione degli strati, che quasi ad embrice vanno succedendosi verso il basso.

Data dunque la potenza della serie calcarea del Kjore-Cika e l'esistenza, presso la sommità del primo, di lumachelle a gasteropodi, analoghe per aspetto, forme generiche e dimensioni dei suoi fossili a quelle che in abbondanza si trovano nel Malm del bacino adriatico orientale, ritengo da mia parte accertata l'equivalenza al Giura superiore dei calcari compatti, che a complemento della successione liasica ed oolitica acrocerauna appaiono sviluppati nei più alti livelli dei maggiori colossi della regione.

Dimostrata l'appartenenza al Lias medio e superiore dei calcari inferiori della regione acrocerauna per la presenza di ammoniti tipiche, e quella al Dogger medio e superiore dei complessi calcareo-selciosi con scisti e marne a *Posidonomyae* e *Aptyci*, non ho potuto avvalorare con dati paleontologici l'esistenza del termine doggheriano inferiore fra il Lias e il Dogger fossilifero, che per altro bisogna pure ammettere, data la continuità della serie. Essendo poi ancora difficile lo stabilire una suddivisione nei depositi successivi al Dogger, raggruppo nei piani inferiori del Malm le formazioni calcaree, le quali, sovrapponendosi in concordanza, e quindi senza palesi lacune, al complesso calcareo-selcioso, costituiscono gli estremi rilievi sud-orientali della Lungara e dell'Acroceraunia costiera, servendo di base a quelle ancora più alte e di probabile pertinenza al Malm medio e superiore del Kjore e del Cika.

Se mi limitassi a seguire soltanto le suddivisioni del Renz pel Mesozoico della penisola balcanica di sud-ovest, pel fatto di aver aggregato nell' Oolite anche i calcari del gruppo orografico del Kjore-Cika, dovrei senz'altro comprendere nel vasto significato cronologico di strati di Viglaes tutte le formazioni che al di sopra del Lias costituiscono i terreni fin qui esaminati dell'Acroceraunia, giacchè il Renz è d'avviso che il limite superiore di detti strati possa corrispondere alle più alte zone del Giura e giungere magari fino alla Creta inferiore. Ma poichè, anche in deficienza di maggiori punti di appoggio paleontologici, mi risulta provata l'esistenza di più piani del Lias, del Dogger e del Malm, riporto sull'annessa carta questa tripartizione con le ulteriori indicazioni per i varii piani distinti in base alle analogie con i terreni meglio conosciuti dello stesso bacino jonico e ai nuovi capisaldi paleontologici e stratigrafici; quelli, ritrovati in scarso numero durante escursioni necessariamente affrettate; questi, dovuti a rilievi, resi da una serie di ostacoli, più sommari che dettagliati.

Le formazioni giuresi dell'Acroceraunia appaiono spesso fratturate e disturbate da ripiegamenti secondarî; ma anche un rilievo sommario della regione consente di riconoscere facilmente — come ho già detto — la loro disposizione in due strette pieghe ellissoidali, allungate parallelamente e disgiunte dall'angusta sinclinale, che con l'asse passante sopra Trajas e la Ćafa Singjergjit si distingue fra i monti di Gufo e Bačala e le prospicienti alture di Grdžina. L'asse del corrugamento più orientale segue all'incirca la direzione NW-SE, e quindi taglia come una corda l'arco di crinale della Lungara, mentre la continuità della piega viene interrotta a sud-est dalla valle trasversale dell' Hanbolj e a nord-ovest dalla baia di Valona. L'asse anticlinale dell' altro corre sulla valle d'erosione di Dukati e lungo i diruti fianchi occidentali della catena del Cika, che, ripeto, sporge maestosa a dominare la regione di Chimara con i proprî strati immersi verso nord-est. La regolarità di questa piega più esterna viene

però a modificarsi nel versante marino della Chimara a sud del passo di Logarà, perchè, ivi, le formazioni costituenti la prima linea di rilievo costiero in continuazione di quello del Dreri-Elias-Atanasio, quali resti del fianco occidentale della piega, non succedono, come più a nord, con immersione verso il mare, ma, all'opposto, inclinati contro la catena del Cika, in modo da rivelare l'esistenza locale di uno di quegli accavallamenti stratigrafici (Ueberschiebung), più volte constatati anche lungo le coste montuose della regione orientale dell'Adriatico.

Le notizie compendiate in questo capitolo potranno sembrare scarse e slegate, ma non prive d'interesse, perchè apportano un contributo non trascurabile alla conoscenza geologica delle montagne acroceraune, per lo addietro assai vagamente descritte. Il carattere petrografico della maggioranza dei calcari dell'Albania meridionale è, d'altra parte, talmente simile a quello dei calcari dinarici e greci, che si comprende come, in mancanza di fossili, anche geologi esperti abbiano potuto, per le strette analogie litologiche, sincronizzare con la Creta e l'Eocene calcari riconosciuti oggi liasici ed oolitici dell'Epiro e di altre regioni montuose dell'Albania del sud; ma tuttavia, il Coquand, che pure propendeva a riferire alla Creta e all'Eocene la quasi totalità degli Acrocerauni, sebbene non si fosse occupato in modo speciale della loro costituzione geologica, non mancava di considerazioni molto sagge e al tempo stesso prudenti: « Sur les bords opposés du golfe se dressent magistralement les montagnes (de Lungara), dont les flancs escarpés montrent un développement de calcaires blancs de près de 500 mètres de puissance...; mais il m'a été impossible d'en gravir les pentes et d'établir une séparation exacte entre ceux-ci et les calcaires nummulitiques, d'autres calcaires blancs sans fossiles s'interposant entre ce deux niveaux fossilifères.

« Néammoins, un fragment d'*Ananchytes* rencontré dans les éboulis, y rend vraisemblable l'existence de la craie blanche. Dans ce cas, on aurait en Albanie le pendant des formations tertiaires et secondaires du Tyrol et des Alpes Vénétiennes; et la ressemblance serait complète par la présence près de Santi Quaranta des calcaires rouges ammonifères de position constatée. On voit déjà par ce simple aperçu qu'il convient de dépecer en plusieurs systèmes indépendants la masse des calcaires blancs qui forment l'ossature de la presque totalité des chaînes montagneuses de la Basse-Albanie. Dans ces calcaires de même couleur et de même texture, l'élément argileux fait défaut ainsi que les fossiles; et, en Epire, les difficultés pour obtenir l'ordre chronologique des divers étages étaient rendues plus grandes encore à cause de la configuration même des montagnes qui, dans les abrupts où se montre la sortie des couches, sont inabordables et dont les revers à pente douce sont recouverts de massifs impénétrables ou de forêts où les sangliers pénètrent plus facilement que les géologues, et y trouvent au moins un abri qui est refusé à ces derniers ».

Creta.

Nell'Albania meridionale non venne ancora accertata l'esistenza del Cretacico inferiore e medio che il Philippson, il Partsch e il Cayeux dimostrarono in altre località orientali del bacino jonico; e poichè nell'Epiro comparisce soltanto la Creta supe-

riore col suo tipico *Rudistenkalk*, il Renz, contrario ad ammettere una lacuna stratigrafica fra il Giura e la Creta superiore, propenderebbe appunto ad estendere verticalmente la rilevantissima serie dei calcari di Viglaes, fino a comprendere tutta, o in parte, la Creta inferiore. Anche per la regione acroceraunа, come in generale per tutta la parte sud-occidentale della Penisola Balcanica, la Creta ha uno sviluppo inferiore a quello che in base alle prime ricerche si riteneva; e mentre, in mancanza di altri elementi cronologici, i calcari a rudiste venivano interpretati indici sicuri per stabilire l'età cretacica di tutti gli altri uniformi calcari, privi o poveri di fossili e assimilati da uno stesso aspetto esteriore, col progredire delle ricerche e dei contributi geologici, i calcari con rudiste vennero cronologicamente valutati solo per quel che valgono nelle loro comparse.

L'esistenza di calcari a rudiste proprio nelle parti più facilmente visitabili allo inizio dei rilievi acroceraunі, ha certamente indotto il Coquand a ritenere molto più sviluppata, di quanto effettivamente non sia, la costituzione cretacica dei rilievi che circondano la baia di Valona.

Tutta la penisola del Karaburun che, in continuazione dell'Acroceraunia propriamente detta, protegge la baia ad occidente fra la pianura acquitrinosa di Pašaliman e il Capo Linguetta, è costituita da calcari del Cretacico, i quali riproducono, nei loro caratteri litologici e morfologici, il classico aspetto delle formazioni cretaciche del bacino adriatico.

Tranne lievi varianti, la direzione stratigrafica è in prevalenza da NW a SE, e mentre l'inclinazione, fino a un massimo di 40°, è a SW nella parte meridionale dove la formazione si sovrappone a quella giurese, s'inverte con minor valore angolare a NE verso la baia, dal monte Vasilio all'estremità della penisola. Il prolungamento dell'asse anticlinale della piega giurese più esterna corrisponde all'incirca a quello passante nel Karaburun fra Ravena e Vasilio, così che di questa piega cretacica è rappresentato il fianco sud-occidentale a mezzogiorno di Ravena, e l'ala nord-orientale nei calcari immersi a NE della collinetta cretacica di Paleo Castra e di tutta la penisola del Karaburun a settentrione di Ravenna, che — all'opposto del suo prolungamento meridionale — apparisce perciò come un rilievo monoclinale con gli strati immersi verso la baia e con le testate delle formazioni calcaree sporgenti sulla costa del mare aperto. Infine, siccome i calcari cretacei del Capo Linguetta sono inclinati verso NE, mentre quelli di Saseno lo sono a SW, rimane manifesto che il canale fra la detta isola e il Karaburun corrisponde ad una sinclinale della formazione cretacica.

Questa parte costiera meno elevata dell'Acroceraunia è desolantemente carsica e povera di vegetazione — salvo che nelle cavità ove si raccoglie la *terra rossa* — priva d'acqua e di pasture, solcata da mal praticabili incisioni e delimitata infine da scogliere inospiti; inoltre, è così modificata e corrosa dagli agenti esterni che la parte mediana del Karaburun, osservata dalla baia, presenta perfino l'aspetto di una superficie grandiosamente *moutonnée*, come quelle di ben nota e differente genesi.

A Paleo Castra presso Pašaliman, e nei più alti strati del Karaburun, ho constatato la presenza di rudiste e di *Actaeonellae*, e questi sicuri rappresentanti del Cretacico superiore furono pure notati presso l'approdo estremo della penisola di fronte

a Saseno, dove gli strati del calcare, assai pregiato in Valona per scopi edilizî, costituiscono una piccola anticlinale sezionata dall'abrasione, e dove, fra le più comuni specie di rudiste, sono da segnalarsi:

Hippurites, cfr. *cornu-vaccinum* Goldf.
H. organisans Montf.
Sphaerulites Sauvagesi d'Orb.
Sph. angeiodes Lam.

Nella stessa penisola del Karaburun compariscono pure banchi di calcari a *Caprinae* come transizione ai calcari dei livelli cretacei, più antichi che ad ogni modo non sarebbero stratigraficamente da escludersi data la regolare successione giuro-cretacica costituente tutto il rilievo costiero. Ma di essi non posso tener conto sulla carta che, per mancanza di dati paleontologici sicuri, riunisce qui con un solo colore tutte le formazioni della Creta.

Sono pure da annoverarsi calcari della Creta superiore nella Sašica ad avvolgere quelli giuresi, ma le loro assise, direttamente sottostanti ai calcari eocenici, sono ben lungi dall'eguagliare in potenza e in estensione quelle del Karaburun. Essi, oltre a frammenti di radiolitidi, hanno presentato in sezione esemplari di *Orbitoides* str. s., tanto da fare ammettere probabile la loro pertinenza al Senoniano. D'altra parte, questi calcari si associano con altri non fossiliferi ma petrograficamente simili a quelli che, con passaggi insensibili e senza lacune determinabili, si trovano alternati anche con i sovrapposti calcari con foraminifere eoceniche, così che la continuità fra la Creta superiore e l'Eocene risulta manifesta, e, per conseguenza, anche assai difficile una sicura delimitazione fra i depositi dei due periodi.

Accenni meno generali sulle formazioni cretaciche dell'Acroceraunia non sono per ora possibili, perchè esse, al pari della massima parte delle corrispondenti del bacino jonico-adriatico, per venire maggiormente illustrate e conosciute richiederebbero una serie particolareggiata di ricerche e di studî, sempre ostacolata dall'omogeneità e compattezza delle assise calcaree e dal difficile isolamento dei fossili, di solito tenacemente cementati nella roccia fino a far corpo con essa.

In base alle notizie date dal Coquand e ai non contrastanti risultati delle già menzionate ricerche del Bittner, Neumayr e Philippson, si era ritenuto che i depositi acroceraunî si dovessero tutti raggruppare in un orizzonte inferiore, con resti di foraminifere, crinoidi e rudiste — delimitato superiormente da strati con lenti e noduli di selce — e in uno superiore nummulitico, sormontato poi dalle formazioni arenacee e marno-argillose, copiosamente diffuse nell'Albania meridionale. Vedremo nel seguente capitolo come la *facies* superiore di calcare con selce debba ascriversi all'Eocene invece che alla Creta; ma per quanto si riferisce all'estensione della Creta e dell'Eocene nella Lungara e in particolare sul versante orientale di essa, non si può a meno di non fare delle riserve, tanto più che le ricerche recenti hanno sempre condotto a restringere la supposta generale estensione della Creta e dell'Eocene nella parte greco-albanese del bacino jonico.

Eocene.

L'Eocene dell'Acroceraunia risulta oggi molto meno esteso di quanto si riteneva pel passato. Anche nelle formazioni eoceniche della Lungara, come del resto in tutte quelle della regione balcanica sud-occidentale, si riscontra una stretta associazione con i calcari del Cretacico, di solito mal distinti dai calcari eocenici a causa di una notevole corrispondenza nel carattere petrografico, così che, in difetto di fossili, la separazione riesce assai difficile. Anzi, lo Strickland (1) e l'Issel (2) per taluni calcari di Zante, e il Philippson (3) per altri di Pylos, affermano perfino l'associazione di rudiste con nummuliti; a me è incorso di raccogliere, sul fianco occidentale della Sašica, dei calcari con tracce di nummuliti e con resti, ma frammentarî, di rudiste rimaneggiate, visibili sulle superfici corrose.

La *facies* del *Plattenhalk* eocenico con selce (Gruppo di Paxos, secondo il Renz) è qui pure rappresentata, ma non sembra tale da rimaner confusa con quella ancor più ricca di selce, equiparata al gruppo di Viglaes per i suoi caratteri paleontologici e per la posizione stratigrafica.

I fossili distinti nei calcari eocenici dell'estremità settentrionale della Lungara non si presentano con forme numerose e caratteristiche in modo tale da favorire la ricostruzione della serie eocenica; ma se vogliamo tenere il dovuto conto della stretta connessione con la Creta e della continuità della successione senza avvertibili lacune fino ad una *facies* marno-arenacea con calcari intercalati — di quasi certa pertinenza all'Oligocene —, bisogna concludere che poco attendibile risulterebbe l'esclusione di un piano a profitto di un altro, per la presenza, in esso, di qualche particolare forma di foraminifera.

In talune isole Jonie si hanno rocce eoceniche identiche a queste; ed anzi l'identità appare manifesta specialmente nella rilevante successione di calcari bianco-lattei con macchiette limonitiche, nettamente stratificati, che nell'isola di Paxos sembrano predominare sui banchi di calcari sub-saccaroidi e ricchi di foraminifere, sviluppati a differenti livelli eogenici (4).

(1) Strickland, *On the geology of the island Zante.* Proced. of the geol. Society of London, II, 1838 and 1843.

(2) Issel A., *Cenno sulla costituzione e sui fenomeni geodinamici dell'isola di Zante.* Boll. Com. Geol. Ital., vol. XXIV, Roma 1893.

(3) Philippson A., *Zur Geologie Griechenlands.* Monatsber. der deutsch. geol. Gesellsch., n. 4, Berlin 1903.

(4) Nella descrizione delle foraminifere distinte nelle sezioni sottili o sulle superfici denudate dei calcari di Paxos (confr. *Le formaz. geol. e i foss. di Paxos e Antipaxos.* Boll. Soc. geol. ital., vol. XX, fasc. 3°, 1901) considerai i calcari con tali foraminifere come unità stratigrafica immediatamente sotto ai calcari nummulitici propriamente detti; constatazioni ulteriori nella serie analoga della costa, m'inducono ad ammettere che calcari con foraminifere si ritrovano nell'Eogene jonico anche nei livelli più alti, e che taluni calcari di Paxos, pure con minute foraminifere, presentano gli stessi caratteri petrografici e faunistici di quelli che, nel rio di Kanina nei dintorni di Valona, si alternano in una *facies* marno-arenacea, probabilmente oligocenica. D'altra parte, ricordo inci-

Lungo il margine occidentale della Sašica fra Salvari e Krionero, la formazione eocenica è in parte abrasa; e sopra di essa, in discordanza, succedono sedimenti miocenici. Oltre Krionero i calcari della ripida costa presentano immersione a NE, essendo parte integrante della già menzionata piega mesozoica della Lungara, mentre verso Salvari l'inclinazione della formazione eocenica è a SW. In questo tratto di costa corrosa dal mare si hanno banchi potenti di calcari bianchi, screziati, ricchi di foraminifere e di minuti tritumi di altri fossili, spesso alternati con calcari in strati ben netti da 5 a 10 centimetri di potenza e compatti come i calcari litografici e la così detta *maiolica*, sui quali succede un complesso di altri calcari bianchi a globigerine identificabili con il *Plattenkalk* eocenico, sviluppato anche più in alto sulla Sašica con alternanze di selce. Nello sprone di Salvari, dove la formazione eocenica è incli-

---

dentalmente che se, per non esser sicuro della loro età e posizione, non feci espressa menzione di questi calcari più alti, non mancai di accennare che calcari con foraminifere come quelli di Fontanàs si distendono pure nella parte settentrionale dell'isola, nella quale, presso Lacca, succedono le formazioni mioceniche (confr. *Paxos e Antipaxos nel Mare Jonio*. Boll. Soc. Geogr. It. Roma 1901, pag. 29 Estr.).

Allorchè compii tale studio, non erano ancora comparsi gli importanti lavori sulle *Orbitoides*; e avendo determinato come specie di *Orbitoides* quelle forme distinte in seguito come *Orthophragminae*, scambiai con un frammento di *Orbitulites* un frammento di sezione, non perfettamente equatoriale, di un'altra *Orbitoides* raggruppabile fra le *Lepidocyclinae*. Il Silvestri, attendendo all'esame critico delle Orbitoidine illustrate dagli autori, nella figura da me data ravvisò un settore di *Lepidocyclina*, e con una Nota espressamente pubblicata (*Sulla Orbitulites complanata* Martelli. Atti della Pont. Acc. Rom. dei Nuovi Lincei, anno LXI, 1908) volle dimostrare lo scambio da me fatto. Per accertare il vero, ho annuito al richiesto esame del materiale, inviando al prof. Silvestri alcuni campioni delle principali rocce di Paxos con i relativi preparati, e, da questi, il detto professore rilevò che se poteva esservi dubbio, anzi, secondo lui, certezza sull'oligocenicità dei calcari con *Lepidocyclina* di Paxos, non era per altro contestabile l'attribuzione all'Eocene degli altri calcari a foraminifere e a nummuliti. Rispetto alle rocce con foraminifere di età controversa, il prof. Silvestri, dopo una revisione dei miei preparati e l'esame dei nuovi, potè accertare che si tratta di calcari a *Lepidocyclina Verbeeki* New. et Holl. senza nummuliti, mentre vi si rinviene *Lithothamnium ramosissimum*, *Trillina Howchini* e una microfauna di una *facies* molto somigliante a quella delle Nuove Ebridi e del nostro Apennino, che dal Sacco, dal Silvestri e da altri vien giudicata oligo-miocenica. È però opportuno di ricordare che calcari tipici a *Lepidocyclina* furono constatati in modo certo anche nell'Eocene di Sicilia dal Checchia Rispoli.

Stando così le cose, sarebbe convenuto di ritornare sopra alla stratigrafia, al fine di spiegarsi la completa successione dei calcari con foraminifere. Se non mi fu dato di poter visitare un'altra volta Paxos durante il mio ultimo viaggio lungo le coste albanesi e le isole Joniche, ebbi però modo di osservare e raccogliere nei livelli, relativamente meno alti, della serie eocenica della Sasica, calcari con forme identiche a quelle di Paxos da me trovate sotto al nummulitico, ed altri pure analoghi a quelli subsaccaroidi e con minute foraminifere, sviluppati specialmente nella parte nord di detta isola, associati ad una *facies* marno-argillosa, che, per stare immediatamente sopra all'Eocene e sotto alle formazioni del Miocene medio, ho creduto di poter ascrivere all'Oligocene. Quindi, è possibile che anche la successione stratigrafica di Paxos si completi con un altro termine oligocenico comprendente calcari con *Lepidocyclinae*, in particolare sviluppati nella parte settentrionale; ma non può parlarsi di serie invertita come il Silvestri supponeva, e nemmeno di appartenenza all'oligocene dei calcari con foraminifere di Paxos, tanto più che, per non parlare della coesistenza in molti di essi di alveoline e nummuliti eoceniche, dalle ultime constatazioni fatte dalla Società geologica italiana nell'Eocene di Sicilia risulta tutt'altro che avvalorata la pretesa, e giustamente contestata, miocenicità esclusiva delle *Lepidocyclinae*.

nata di circa 20° a SSW, i calcari con foraminifere presentano sulle superfici corrose resti di briozoi, di corallarî, e tritumi di echinidi e di gusci di molluschi. In sezione vi si distinguono esemplari numerosi, ma determinabili solo genericamente, delle seguenti foraminifere:

Alveolina sp. pl.
Cristellaria sp.
Rotalia sp.
Globigerina sp.
Orhtophragmina sp.
Amphistegina sp.
Nummulites sp.

Il Silvestri, che esaminò gentilmente questi calcari con foraminifere, convenne nel riferimento all' Eocene, insieme con gli alternati calcari litografici a *globigerina*. I banchi calcarei, intensamente corrosi, che dalle pendici della Sašica si distendono sino a Salvari a guisa di scogliera, e che nelle incisioni più profonde operate dai torrenti sui fianchi di questo monte si vedono sottostare ai calcari bianchi compatti e ad altri giallognoli e rosei con selce della stessa Sašica, sono caratterizzati pure dalle precitate forme di foraminifere. Calcari litologicamente analoghi a quelli di Salvari si ritrovano, sporgenti per denudazione, nella Sašica a SW di Kanina, con rare *Nummulites* visibili sulle superfici denudate, e con tritumi di rudiste evidentemente rimaneggiate; non posso per altro escludere che ne compariscano pure sovrapposti ai calcari con selce, dato il saltuario sviluppo di questi nel complesso calcareo del monte.

Il *Plattenkalk* selcifero eocenico corrisponde a quei calcari che il Coquand dice ad Alveoline frequenti e ad altre foraminifere, e che a Drašovica vengono utilizzati per coperture di tetti. L'età eocenica di esso non è difatti contestabile. Le alternanze di letti scistosi e le comparse di lenti selciose sono più frequenti presso la sommità della Sašica, che non lungo i margini del monte, sui quali succedono i sedimenti miocenici. E quindi, anche nel versante orientale della stessa Sašica prevalgono in modo assoluto i calcari senza selce lungo le pendici inferiori e con poca selce e rare alternanze di sedimenti calcari scistosi in quelle superiori.

Nel versante della Sušica nella regione di Drašovica, appare in tutta la sua potenza la rilevante serie dei calcari compatti a *Globigerina*, per lo più bianco-lattei con macchiette limonitiche, e più di rado rosei e giallastri, in strati regolari ed omogenei, con 5-20 cm. di spessore e immersi a NE. Questi calcari compatti a *globigerine*, che per la loro frequente alternanza con sedimenti scistosi foggiano a gradini ineguali il pendìo settentrionale della Sašica dove variano d'inclinazione immergendosi a NW verso Cišbarza, sono identici a quelli comunissimi a Paxos e sviluppati pure in talune delle isole dalmate. Nondimeno, anche in mancanza di dati paleontologici numerosi e sicuri, mi sembra che il riferimento all'Eocene medio e superiore dei calcari bianchi compatti e di quelli con foraminifere possa venire pure avvalorato dalle analogie stratigrafiche con la serie di Paxos, dove ai calcari con rudiste si sovrappongono strati di calcari bianchi come quelli della Sašica e calcari a foraminifere, talvolta sottoposti e tal'altra soprastanti ai calcari nummulitici propriamente detti.

Calcari di aspetto subsaccaroide e grossolani con foraminifere mal conservate, demarcano talora il passaggio alle formazioni oligoceniche.

In conclusione, troviamo che l'Eocene è bene sviluppato nella Sašica, e cioè nella parte terminale della Lungara, ma non nel rimanente dell'Acroceraunia.

Miocene.

Fra la Lungara e i monti di Berat, le formazioni arenacee, marnose e argillose del Terziario medio e superiore, costituiscono gli ampî bacini dei corsi inferiori della Sušica, Vojusa e Semeni, tra loro disgiunti da serie allungate di colline a contorni arrotondati e verdeggianti.

Debbo qui restringermi alle formazioni della baia e dei dintorni di Valona, ma frattanto premetto che il Coquand riferì al Pliocene tutto l'esteso bacino neogenico dell'Albania meridionale, comprendente pure le celebri formazioni bituminifere di Selenitza, facendo solo delle riserve sull'età di una *facies* di *flysch* interposta fra i calcari della Sašica e i sedimenti più giovani di Kanina, per i cui dintorni la successione data dall'autore mi risulterebbe inversa alla reale da me constatata. Dal lavoro del Coquand si rileva che l'autore ammette una regolare sovrapposizione di depositi sempre più recenti proseguendo da Valona verso Kanina, mentre la posizione stratigrafica e i fossili mi hanno dimostrato l'esistenza di una rilevante cintura miocenica, avvolgente da NW a NE le formazioni della Lungara e sviluppata specialmente a settentrione della Sašica e disposta, con ripetute ondulazioni, in modo da presentare i depositi più profondi nelle incisioni fra la Sašica e Kanina fino a costituire la stessa altura di Kanina, e quelli successivamente meno antichi nei rilievi collineschi degradanti verso Valona.

Lungo il margine della Sašica, a nord di Drašovica, in uno dei torrenti che discendono dai dintorni di Kanina, viene incisa la formazione che succede ai calcari nummulitici dell'Eocene. Si tratta di una serie di scisti argillosi, i quali, per ogni metro circa di potenza, s'intercalano con strati di calcare, alti 8-10 centimetri, sporgenti fra gli scisti più erodibili e risuonanti sotto i colpi di martello. La direzione stratigrafica di questo complesso è NE-SW, e l'inclinazione 50° a NW. Il calcare, ora subsaccaroide, ora con aspetto di brecciola a minute foraminifere, nelle sezioni sottili mostra al microscopio forme di: *Lithothamnium, Rotalia, Globigerina, Orthophragmina, Lepidocyclina* e, in complesso, analogia di carattere petrografico e faunistico con taluni calcari di Paxos per i quali il Silvestri ha sostenuto l'appartenenza all'oligocene. È incerto se possano rappresentare invece l'Eocene superiore come il *flysch* dalmato-montenegrino; ma su parere del Silvestri, che esaminò i preparati, mi limito frattanto a considerare questa formazione del rio di Kanina come oligocenica.

In perfetta concordanza succede quell'insieme che Coquand designò come *facies* di *flysch* e che risulta di marne, di arenarie micacee friabili e di scisti verdastri-turchinicci con frequenti intercalazioni di molasse, di rocce sabbiose e di conglomerati, in strati oltremodo disturbati, ripiegati e talora perfino raddrizzati, come a Kanina, contro i più alti calcari bianchi della Sašica. La formazione in parola costituisce i terreni che fasciano i margini settentrionali della Lungara e si prolungano a ponente e a sud-ovest fino sul mare presso Salvari, rimanendo evidentemente sottostanti all'insieme dei terreni miocenici dei dintorni di Kanina e delle colline che dominano l'ancoraggio e, più a nord, la città di Valona.

Tanto presso Cišbarza come presso Salvari, nella parte più alta delle marne e delle arenarie si nota pure un calcare compatto a *Lithothamnium* e uno oolitico, probabilmente elveziani, che a Cišbarza, dove sono molto sviluppati fino a costituire per lungo tratto la collina omonima, sottostanno palesemente a calcari e a marne con fossili tortoniani.

Considerando lo sviluppo dei menzionati calcari nulliporici di Cišbarza e la loro equivalenza ai conglomerati e alle marne sabbiose con *Pecten* — come vedremo — elveziani, propenderei a ritenere langhiana la sottostante serie delle marne, molasse e scisti arenacei, direttamente sovrapposta al probabile oligocene del Rio di Kanina. Per quanto sia variabile l'inclinazione di detta serie marno-arenacea scistosa a causa dei ripetuti ripiegamenti stratigrafici, pure per essa rimane accertata la disposizione domiforme, giacchè nel versante della Sušica l'inclinazione stratigrafica, variabile fra un massimo di 60° e un minimo di 20°, è a NW, mentre sotto il castello di Kanina, vetta dell'anticlinale, si presenta a SE di 60-70°, per poi di nuovo variare nell'avvolgimento irregolare della Sašica, passando, da Kanina verso il mare, da prima a NE e poi ad oriente, e infine, in seguito ad un nuovo ripiegamento presso Salvari, apparire con forte inclinazione a SW.

Le ultime case di Kanina al limite dei calcari della Sašica sorgono su questa sorta di *flysch*, che, ricoperta spesso da detriti di falda e da depositi scomposti di frana, favorisce la formazione dei livelli imbriferi qua e là sgorganti in piccole sorgenti.

Le forme petrografiche le quali succedono all'accennata *facies* si compendiano in marne bianche e giallastre, in molasse e in arenarie friabili, in puddinghe e conglomerati talvolta compatti tal'altra facilmente disgregabili, tutte in misura variabile associate con argille sabbiose. Un'attiva denudazione e le acque di dilavamento su questi depositi di differente resistenza agli agenti esterni, hanno molto accidentato i dintorni di Kanina, oggi delimitati, nel versante marino e in quello opposto, da alte ripe; e in modo particolare hanno poi variamente corroso e foggiato, a causa dell'ineguale disgregazione, i conglomerati, che in potenti banchi costituiscono l'altura scoscesa su cui sorge, a dominare la baia, l'ormai diruta fortezza veneziana.

Gli elementi delle puddinghe di Kanina risultano di frammenti minuti e arrotondati di calcari, diaspri e selci. Nelle molasse e marne sabbiose alternate e sovrapposte ai conglomerati, si hanno, tra i fossili di maggiore importanza per attestarne l'età medio-miocenica, esemplari numerosi di:

Pecten (*Aequipecten*) *Gentoni* Font. (= *P. multiscabrellus* Sacc.).
Pecten (*Aequipecten*) *Scabrellus* Lamk.
Pecten (*Aequipecten*) *Malvinae* Dub.
Pecten Gray Mich.

tutte e quattro forme del Miocene medio dei Colli di Torino (1) e di molte altre

(1) Sacco F., *I Molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria*. Parte XXIV, Torino.

parti d'Italia (1); dell'Elveziano di S. Marino la prima (2), e le altre comuni pure nell'Elveziano di Dulcigno (3), nel calcare di Leitha (4), nel Miocene medio del deserto Libico e dell'Egitto (5). Di questi, e degli altri fossili raccolti nei terreni miocenici di Kanina e Valona, ho compiuto uno studio paleontologico a parte, insieme col dott. Nelli (6); qui mi limito alla citazione delle specie e al valore cronologico presentato dalle principali di esse, senza dilungarmi sulla loro diffusione.

Le formazioni che ho raggruppate nel Miocene medio si ripresentano lungo la baia con caratteri petrografici e stratigrafici presso a poco identici, e cioè con arenarie micacee, marne, scisti arenacei e marnosi con intercalazioni di calcari grossolani, talvolta pure nulliporici, sormontati da puddinghe e conglomerati, che per altro superano talora in potenza e diffusione quelli di Kanina. Ho difatti già accennato alla continuità della cintura medio-miocenica fino allo sprone eocenico di Salvari e Krionero, sul quale le arenarie e gli scisti marno-arenacei fortemente inclinati a SW sopportano potenti conglomerati, al cui contatto — a Salvari e a Krionero — sgorgano fresche e ricche sorgenti; e sul complesso marno-arenaceo qua e là denudato succedono depositi recenti orizzontali. Anche il piccolo promontorio di Razima mostra analoga costituzione, ma la potenza ed estensione delle formazioni vi risulta molto maggiore, tanto che si può seguire per oltre cinque chilometri contro le alture mesozoiche, isoclinali del Hon e del Mazari. Al solito, al contatto fra i conglomerati che sormontano la serie locale, e gli scisti, rimangono subordinate le sorgenti lungo il tratto di costa fra S. Nicola (Aj. Nikolaos) e l'Jzvoru; e mentre a nord e a monte di Razima il Miocene rimane addossato alla Lungara, a sud del villaggio di Razima — in corrispondenza cioè della sinclinale di Trajas — rimane distaccato dalla Lungara, e, con le contigue e coeve colline a oriente di Pašaliman e di Gombočar, tende a disporsi obliquamente alla direzione delle pieghe mesozoiche acroceraune, insinuandosi poi con strati molto disturbati fino a Trajas e fino a Dukati, colmando, in altri termini, tutte le più profonde incisioni della massa mesozoica a sud della Baia.

Ad oriente di Pašaliman si elevano, fino ad un'altezza di 93 metri, collinette costituite da argille sabbiose con straterelli di marne bianche, potenti 5-15 centimetri, e da arenarie superficialmente molto disgregabili. Questi depositi continuano poi ininterrottamente al fondo della valle anticlinale di Dukati fino al paese, nel cui bacino

(1) Cfr. Parona C. F., *Appunti per la paleontologia miocenica della Sardegna.* Boll. Soc. geol. ital., vol. VI, Roma 1887; De Angelis d'Ossat G., *Altri fossili dello Schlier delle Marche,* ibid., vol. XVIII, Roma 1899; Nelli B., *Fossili miocenici dell'Appennino aquilano,* ibid., vol. XIX, Roma 1900; ecc. ecc.

(2) Nelli B., *Il Miocene di Monte Titano nella Repubblica di S. Marino.* Boll. Soc. geol. ital., vol. XXVI, Roma 1907.

(3) Nelli B., *Il Miocene medio di Dulcigno e Pisctuli nel Montenegro,* ibid., vol. XXIII, Roma 1904; Vinassa de Regny P. E., *Fossili e impronte del Montenegro,* ibid., vol. XXIII, Roma 1904.

(4) Hörnes M., *Die Fossilen Mollusken des Tertiaer-Beckens von Wien.* 1870.

(5) Fuchs Th., *Beiträge zur Kenntniss der Miocaenfauna Aegyptens und der libyschen Wüste.* Palaeontographica, Bd. XXX, Cassel 1883.

(6) Martelli A. e Nelli B., *Il Miocene medio e superiore di Valona in Albania.* Boll. Soc. Geol. Ital. Vol. XXIX. Roma 1910.

raggiungono il massimo sviluppo i conglomerati, che anche lungo la valle si trovano spesso a sormontare le arenarie micacee e le marne.

La collina di Gombočar (123 m.) risulta pure essa di marne, arenarie e calcari grossolani, in strati per lo più immersi verso oriente, per quanto spesso disturbati come i fasci di scisti marno-arenacei fra essi compresi; e l'insieme di queste rocce, mediante l'interposizione di puddinghe a piccoli elementi calcarei e silicei e identiche a quelle di Kanina, passa anche qui ai conglomerati superiori, i quali, se di solito non presentano una disposizione a banchi e strati nettamente distinta, pure lasciano sempre scorgere quelle discontinuità di contatto da cui è agevole dedurre la concordanza con gli strati sottostanti.

I conglomerati predetti, per essere principalmente costituiti a spese delle rocce calcaree e selciose della Lungara, debbonsi considerare come conglomerati littoranei, in massima parte dovuti alla diretta elaborazione delle onde marine degradanti i margini delle terre emerse, e, in parte minore, a trasporti torrentizî di non lontana provenienza, data la relativa abbondanza degli elementi brecciformi. Le corrispondenze geologiche con quelli sviluppati pure in altre parti dell'Albania, e per esempio a Parga, sono perfette e di fronte ad essi torna alla mente il famoso conglomerato a piccoli elementi e con carattere brecciforme, dei colli Torinesi.

In conclusione, i rilievi mesozoici di questa zona acrocerauna, dopo avere subîto gli effetti di lunghe azioni demolitrici, sarebbero stati in parte ricoperti dal mare per una trasgressione miocenica, accogliendo nelle maggiori depressioni i sedimenti sormontati oggi dai conglomerati littoranei, che sono proprio dell'ultimo tempo di sedimentazione marina in questo lembo d'Acroceraunia, mentre nei dintorni di Valona, a mare aperto, la sedimentazione potè continuare fino all'ultima emersione postpliocenica. Naturalmente, i rapporti fra le formazioni emerse a quelle che nel Miocene andavano qui originandosi dovevano essere molto meno discordanti di quanto risultano oggi; chè in seguito ai primi sollevamenti e agli ulteriori dislocamenti, gli strati miocenici si presentano talvolta perfino raddrizzati contro le preesistenti formazioni della Lungara. Non altrimenti potrebbero spiegarsi le forti discordanze fra i calcari mesozoici ed eocenici del versante della Sušica e i sedimenti miocenici in prevalenza marno-arenacei, che, da una quota variabile fra 300 e 400 metri, discendono a colmare la valle sinclinale fra la Lungara e il Gribaš.

Non ho potuto raccogliere che pochi dati sul Miocene della media valle della Sušica: ma, nondimeno, coordinandone i caratteri generali con quelli del Miocene qui descritto, credo che per esso occorra ammettere il sincronismo con i depositi del versante marino ora considerato, salvo a riferire al Miocene superiore le formazioni che di rimpetto alle colline di Peta segnano la continuazione del Tortoniano riccamente fossilifero tra Valona e Kanina.

Quanto si estenda il Miocene al di là dalla Sušica, non ho avuto agio di accertare: ma è presumibile che, come ho riscontrato la miocenicità dei terreni fra Kanina e Valona, ritenuti pliocenici per lo addietro, rilievi ulteriori nel bacino neogenico fra Valona e Berat possano condurre a riconoscere affiorante per estese zone quella formazione miocenica, che deve con ogni probabilità costituire il nucleo e l'impalcatura delle maggiori colline della regione.

Seguendo la serie da Kanina verso Valona, alle formazioni del colle della fortezza subentrano con grandissimo sviluppo le marne e le argille sabbiose, riccamente fossilifere e rimarcabili anche di lontano per la tinta bianca che imprimono al terreno, sempre molto accidentato dall'erosione e dalle frane. Nè per altro le argille e le marne si estendono omogeneamente fino a Valona, perchè in questo livello si notano frequenti sostituzioni con arenarie friabili, sabbie concrezionate e alternanze ripetute con calcari grossolani fossiliferi come quelli tipici della collina Koči, dei quali faccio menzione più avanti. La potenza verticale di tale eterogenea formazione estesa dal Castello di Kanina fin presso Valona, può all'incirca valutarsi a 200 metri. La serie di questi depositi con fossili tortoniani sviluppati pure nella parte orientale di Saseno, si completa con i sedimenti della sommità del Miocene, caratterizzati da masse gessose, tanto che le strettissime assomiglianze col Tortoniano e Messiniano del bacino mediterraneo contribuiscono ad avvicinare alla classica la successione miocenica dei dintorni di Valona.

Nelle marne di questo piano che si attraversano lungo la parte alta della mulattiera per Kanina, si possono fare abbondanti raccolte di fossili, molti dei quali ottimamente conservati, mentre altri sono di più difficile determinazione perchè compressi e triturati fra laminette argillose.

Alle seguenti specie da me e Nelli riconosciute in questo livello, segià citate dal Coquand, segue una crocellina o il nome della probabile corrispondente, quantunque l'egregio geologo francese, sicuro di un' incontestabile appartenenza al Pliocene, si sia limitato alla determinazione delle forme più comuni ed abbia ritenuto superfluo didistinguere, nel suo elenco di 26 specie, quelle dei calcari da quelle delle marne e argille:

	Citazione complessiva del Coquand.
— *Isis melitensis* Goldf.	
— *Terebratula sinuosa* Broc.	
Protula firma Seg. sp.	
Ostrea (*Pycnodonta*) *cochlear* Pol.	+
— *Pecten* confr. *Malvinae* Dub.	
Pectunculus (*Axinea*) *obtusatus* Parts.	*Pectunculus insubricus* Broc.
Pectunculus (*Axinea*) confr. *pilosus* Lin.	
Arca Darwini May.	
Arca (*Anomalocardia*) *diluvii* Lamk.	
Lucina fragilis Phil.	
— *Cardium paucicostatum* Sow.	
Cardium (*Levicardium*) *oblongum* Chem.	
Venus islandicoides Lamk.	
Cytherea multilamella Lamk.	
Cytherea rudis Pol.	*Venus plicata* Gme.
Dosinia lupinus Lin. sp. var. *lincta* Pult.	
— *Lutraria Hörnesi* Mayr.	
— *Dentalium inaequale* Bron.	
Dentalium sexangulum Schr.	

	Citazione complessiva del Coquand.
— *Dentalium* (*Entalis*) *taurostriata* Sac.	
Dentalium sp.	
Turritella subangulata Broc.	*Turritella tricarinata* Broc.
— *Turritella turris* Bast.	*Turritella vermicularis* Broc.
	Turritella quadricarinata Broc.
Vermetus intortus Lamk. var. *Woodi* Mörck.	
Natica millepunctata Lamk.	+
	Natica olla Ser.
	Natica helicina Broc.
Cerithium procrenatum Sac.	
	Cerithium dolium Ser.
Chenopus Uttingerianus Ris.	
— *Cassis* (*Semicassis*) *miolaevigata* Lamk.	
— *Nassa subprismatica* Auing.	
Nassa solidula Bell.	
Columbella Borsoni Bell.	*Columbella subulata* Broc.
Fusus longiroster Broc.	
— *Murex inflexus* Dod.	
— *Uromitra cincta* Bell.	
Pleurotoma monilis Broc. var. *B.* Bell.	
Pleurotoma (*Dolichotoma*) *cataphracta* Broc.	*Pleurotoma dimidiata* Broc.
— *Drillia sulcifera* Bell. var. *plurisulcata* nov.	
Drillia pustulata Broc.	
— *Drillia Van den Heckii* Bell.	
— *Clavatula Agassizi* Bell. var. *variecingulata* Sac.	
— *Clavatula geniculata* Bell.	
— *Clavatula margaritifera* Jan.	
— *Clavatula turbinata* Bell.	
— *Clavatula gradata* Defr. var. *carinulata* Sac.	

I gasteropodi delle marne e argille sabbiose fra Valona e Kanina sono quasi tutti esclusivi del Miocene, come lo sono anche i lamellibranchi e gli altri fossili segnati con —. La *Turritella turris*, citata fra le forme del Miocene della Francia sud-occidentale e del Bacino di Vienna, risulta come caratteristica del Tortoniano di tutta Italia. La *Cassis miolaevigata*, oltre che nel Miocene medio e superiore del Piemonte, si presenta pure in quello dell'Austria-Ungheria, dove Hörnes e Auinger [1] la illustrarono come *Cassis saburon* insieme con la *Nassa subprismatica*; e le abbondantissime *Uromitrae*, *Drilliae* e *Clavatulae* dei pressi di Kanina appartengono nella quasi totalità a specie che il Bellardi [2] ha descritte come proprie pure del Miocene medio e superiore del Piemonte.

[1] Hörnes R. und Auinger M., *Die Gasteropoden der ersten und zweiten Miocaenen Mediterran-Stufe in der Osterreichisch-Ungarischen Monarchie*. Abhandl. der k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. XII. Wien 1879.

[2] Bellardi L., *I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria*. Parte I-IV. Torino 1872-1888.

Questa fauna miocenica, per l'aggruppamento di specie, ricorda assai quella tortoniana di Stazzano e S. Agata, di Sogliano al Rubicone, dei monti livornesi e di Benestare in Calabria. I calcari gialli, grossolani, ricchissimi di resti di conchiglie e con le marne e argille sabbiose più volte alternate, sono invece, per la loro fauna, riferibili all'elveziano. Si hanno dunque alternanze di plaghe diverse, sia che derivino da variazioni di profondità, sia che derivino da variazioni nella natura del fondo.

Nelle colline del Mesovun a SE di Valona e presso Kanina, si osservano infatti di frequente fra le marne bianche, le argille e le sabbie, calcari grossolani identici a quelli sviluppati pure nei dintorni di Cišbarza sopra al livello dei calcari nulliporici e di Valona nelle cave dei Koci, con numerosissimi esemplari delle seguenti specie:

Retepora sp.
Anomia patelliformis Lin.
Hinnites Ercolanianus Cocc. var. *taurocostata* Sacc.
Pecten Gray Mich.
Pecten Malvinae Dub.
Pecten Nicolai Vin.
Pecten etruscus De Stef.
Modiola semilamellosa May.
Pinna Brocchii D'Orb.
Arca Noae Lin.
Arca (*Anadara*) *Darwini* May.
Lucina fragilis Phil.
Cardium paucicostatum Sow.
Tapes eremita Broc.
Cytherea rudis Pol.
Dosinia lupinus Lin.
Thracia pubescens Pul.
Lutraria Hornesi May.
Trocus rotellaris Mich.
Turritella cathedralis Brogn.

Nelle colline Koci a oriente di Valona, a sud della strada per Selenica e a nord-est di quella per Drašovica, si hanno banchi, potenti m. 0,50-1,30 e inclinati di pochi gradi a N e a NW, di un calcare giallo, grossolano, analogo a quello del Mesovun e ricco di fossili come una panchina. Questo calcare rimane ricoperto dalle argille sabbiose, e, senza mostrare a giorno i proprî affioramenti, viene escavato per usi edilizî mediante cave sotterranee basse e irregolari. Le case di Valona sono in gran parte costruite col calcare delle cave Koci, di compattezza e resistenza sufficienti per gli scopi per i quali viene ricercato, sebbene nelle sue continuazioni in località adiacenti tenda a divenire più disgregabile, fino ad assimilarsi alle masse sabbiose che lo comprendono.

Il Coquand, accennando a questa formazione fossilifera a sud della fontana di Aplema, erra nell'affermarne l'età pliocenica, essendosi limitato alla determinazione delle forme di più facile riconoscimento, comuni pure nel Pliocene piacentino e astiano e comprese in parte nel calcare e in parte, forse maggiore, nelle argille

sabbiose e marne delle colline di displuvio fra Valona e la Sušica. Il calcare dei Koci abbonda specialmente di lamellibranchi e, in particolare, di *Pecten*; in confronto alle marne e argille del sistema collinoso fra Valona e Kanina, appare piuttosto povero di gasteropodi; e poichè presenta i suoi fossili — ad eccezione delle forme più resistenti — mal conservati o ridotti a modelli interni, rende piuttosto difficile la determinazione della sua fauna.

Ecco l'enumerazione delle specie riconosciute:

		(Citazioni del Coquand)
=	*Psammechinus calarensis* Cot.	
	Ostrea (*Pycnodonta*) *cocklear* Pol. var. *navicularis* For.	*Ostrea cochlear* Pol.
	Ostrea (*Pycnodonta*) confr. *pedemontana* May.	
=	*Pecten Nicolai* Vin.	
=	*Pecten Gray* Mich.	
=	*Pecten Malvinae* Dub.	
	Pecten sp.	*Pecten plebeius* Br.
	Modiola adriatica Lamk.	
	Modiola confr. *Hörnesi* Reus.	
	Pinna Brocchi D'Orb.	
	Arca (*Anomalocardia*) *diluvi* Lamk.	
	Pectunculus (*Axinea*) *obtusatus* Parts.	*Pectunculus insubricus* Br.
	Chama sp.	
	Lucina fragilis Phil.	
	Cardium tuberculatum Lin.	
	Cardium (*Levicardium*) *oblongum* Chem.	
	Cardium sp.	*Cardium edule* Lin.
	Tapes vetula Bart.	
	Venus islandicoides Lamk.	
	Cytherea multilamella Lamk.	
	Cytherea rudis Pol. var. *mediterranea* Tib.	
=	*Lutraria Hörnesi* May.	
	Lutraria sp.	*Lutraria elliptica* Lk.
=	*Trocus rotellaris* Mich.	
	Natica millepunctata Lamk.	+
	Turbo sp.	
	Strombus coronatus Defr.	

Tanto nei calcari delle colline Mesovun, quanto in quelle Koci, è manifesta la prevalenza delle specie di poco valore cronologico, sia perchè comuni al Miocene e al Pliocene, sia perchè talune si sono conservate dal Neogene fino al presente; quelle precedute da = sono però caratteristiche della plaga elveziana del Miocene.

Il *Psammechinus calarensis* venne dal Cotteau [1] ritrovato nel Miocene medio della Sardegna. La *Lutraria Hörnesi* è una forma tipica del calcare di Leitha. I menzionati *Pecten* sono finora conosciuti soltanto in formazioni mioceniche, e cioè il

[1] Cotteau, *Description des Echinides miocéniques de la Sardaigne*. Mém. de la Soc. géol. de France, 1895.

Pecten Nicolai nell'Elveziano di Dulcigno, e il *P. Gray*, abbondante, è assai frequente nel Miocene medio e superiore del bacino mediterraneo.

Abbiamo già ricordato le principali comparse del *P. Malvinae*, e quindi si sarebbe indotti a considerare questi calcari come rappresentanti di un termine abbastanza alto della zona delle laminarie, con cui anche presso Cišbarza vengono a contatto, se in più punti fra Valona e Kanina non apparissero compresi fra argille e marne tortoniane, le quali alla loro volta si ritrovano pure immediatamente alla base delle argille gessifere messiniane. L'eteropicità di questa formazione miocenica spiega come si siano potute trovare alternanti forme littoranee e di basso fondo con altre d'indice batimetrico maggiore.

Siccome la stessa formazione dei calcari gialli e grossolani si presenta nelle colline del Mesovun e lungo un tratto della via per Kanina inclinata di 20°-25° a NE, mentre nelle cave dei Koci l'immersione è verso NW, è certo che i sedimenti miocenici nel costituire la gamba dell'anticlinale fra Kanina e Valona, si flettono in una ripetuta ondulazione.

Nel dominio delle argille e marne del Miocene superiore, sono da annoverarsi due importantissime comparse di depositi gessosi cristallini ma con indizi di stratificazione più che sufficienti per attestarne l'origine sedimentaria e la contemporaneità con le argille e marne che li comprendono, e che con oltre cinquanta metri di potenza si soprappongono al calcare fossilifero dei Koci. Si tratta di due grandi ammassi sporgenti con apparenza di dicchi fra le argille e marne delle colline al disopra di Valona, lungo le quali si estendono in doppia cintura con una direzione NE-SW e inclinazione a NW di circa 40°.

La strada sterrata per Drašovica e Selenica incide questi due depositi gessosi, fra di loro disgiunti da un'interposizione di poche diecine di metri di argille e marne.

La zona dei gessi è più estesa di quanto non avvertì il Coquand e la mulattiera per Selenica li attraversa e incide diagonalmente per un centinaio di metri. Gessi, argille e marne essendo inclinati a NW, sottostanno alle altre formazioni che si sviluppano nelle colline a settentrione di Valona, così che, riepilogando, dai gessi si passa verso l'alto a terreni gradatamente più antichi, e verso il basso, a nord-ovest, e quelli gradatamente più recenti.

Coquand considerò come pliocenici i gessi di Valona, ma è superfluo ormai d'insistere sull'età messiniana che loro spetta qui e in altre analoghe formazioni del bacino mediterraneo, e su quelle interessanti considerazioni per le quali il De Stefani, nel suo studio sintetico sui due versanti adriatici, fu condotto a riconoscere come il Miocene balcanico fosse negli ultimi tempi divenuto in gran parte interno e lagunare.

L'esistenza di formazioni mioceniche lungo la sponda orientale dell'Adriatico era già nota per i dintorni di Durazzo, Tirane ed Elbassan e, più a settentrione, di Dulcigno in Montenegro; nel bacino jonico orientale venne segnalata nelle isole di Corfù Leucade, Paxos e Zante, e dal Philippson e da me in più punti della costa d'Epiro.

Pliocene.

Il passaggio dal Miocene al Pliocene non è avvertibile, e le argille e marne che succedono agli ammasi gessosi al di sopra di Valona, segnano evidentemente la transizione al Pliocene inferiore. Per quanto riguarda la formazione pliocenica nel

bacino della Vojusa, conviene tener conto di due sicuri punti di riferimento fra i quali essa appare limitata in basso e in alto, e cioè delle argille turchine associate a straterelli marnosi, le quali — stratigraficamente ma non altimetricamente soprastanti ai gessi — costituiscono le collinette a nord e nord-nord-ovest di Valona, e dei più alti sedimenti fossiliferi di Selenitza (Selenica) con caratteri faunistici tali da consentire — secondo il parere del De Stefani che ha osservato i fossili da me raccolti — un riferimento al Pleistocene piuttosto che al Pliocene. Di questi limiti è possibile valersi, poichè i depositi miocenici dei dintorni di Valona verso la Vojusa, accennano appunto ad una disposizione in ampia sinclinale dei sedimenti stessi, che verso l'interno succedono all'ellissoide allungato della Lungara.

Ho già detto che le colline al di là della Sušica sono mioceniche superiori, ma nel Malji Treblova sporgono le testate della formazione, in prevalenza argillosa, immersa verso la Vojusa e questa per i suoi rapporti con i terreni di Selenitza debbo considerare come pliocenica; e quindi se anche le colline subito a nord di Valona sono riferibili ai livelli più alti del Miocene, debbono risultare plioceniche quelle estreme di Asna e Topane, in corrispondenza della direzione WNW-ESE dal Malji Treblova, nelle quali ho raccolto:

Ostrea sp.
Dentalium inaequale Bron. specie, a vero dire rarissima nel Pliocene, ma comune nel Miocene.
Natica millepunctata Lamk.
Natica helicina Broc.
Cassidaria sp.

Riguardo poi al caposaldo superiore, debbo ricordare che quasi al centro del bacino neogenico fra Valona e Berat, nella regione di Selenitza, le argille appaiono più omogenee che altrove, sebbene non manchino di quelle intercalazioni arenacee e sabbiose grossolane, frequentissime in tutte le colline presso la confluenza della Sušica con la Vojusa. Le trivellazioni operate per la ricerca del bitume e prolungate fino a 50 e 60 metri, sotto ai depositi sabbiosi-arenacei superficiali, salvo qualche straterello arenaceo di poco conto, non hanno incontrato che argille, per le quali, in base ad una serie di valutazioni esposte nella mia Memoria sui terreni bituminiferi di Selenitza [1] ammisi, come probabile, una potenza complessiva di circa 300 metri. In tale pubblicazione notai pure che le sole argille più alte della serie comprendenti gli ammassi del bitume coltivato potevano valutarsi a 50 metri e che le successive sabbie grossolane con ammassi secondarii di bitume più le sovrastanti formazioni, sterili di bitume ma fossilifere, di sabbie concrezionate, di arenarie friabili e di minuti conglomerati misuravano assieme, nel centro minerario di Selenitza, una potenza di 22 metri. Tutta la serie superiore alle argille direttamente osservabile nel bacino risulta essenzialmente di alternanze di straterelli arenacei a debole cemento, di banchi sabbiosi calcariferi, talvolta così compatti da conseguire l'apparenza di arenarie grossolane, tal'altra del tutto disgregati, con banchi di conglomerati a piccoli elementi

[1] Confr. Boll. Soc. geogr. ital. Ser. IV, vol. VII, n. 3, Roma 1906.

e di ciottoletti sciolti nella parte superiore. Questo intiero complesso rimane poi ricoperto da un banco di sabbia calcarea frammista a minuti elementi silicei, grossolanamente concrezionata, ricchissima di ciottoletti calcarei e selciosi, di detrito conchigliare e di fossili, con prevalenza incontrastata di *Cardium Lamarcki* Reev. e di *Potamides ferrugineum* Delle Ch. con tutte le sue varietà viventi e pure quasi identiche al *P. nodosoplicatum* M. Hoernes del Miocene e del Pliocene, al *P. etruscum* May. e ad altre varietà inesattamente ritenute come estinte (1). È questa specie che il Simonelli (2) su materiale raccolto da Antonio Baldacci determinò come *Potamides pictum* Bast. e che lo indusse a ritenere quei terreni come alquanto più antichi, sebbene vi avesse inoltre riconosciuto una quarantina di forme quasi tutte apartenenti a gasteropodi e a lamellibranchi comuni nel Pliocene circummediterraneo e viventi.

Il richiamo ai terreni di Selenitza, che veramente non sono compresi nella regione qui fatta oggetto di ricerche geologiche, vale solo a stabilire che in rapporto ai depositi che raggiungono e comprendono argille gessifere, i terreni superiori del bacino neogenico della Vojusa — malgrado talune analogie petrografiche con i sedimenti sviluppati nel Miocene medio e superiore della regione — possono trovare nella loro parte più bassa un equivalente del piano pontico, mentre le sabbie fossilifere precitate rappresenterebbero o la sommità del Pliocene secondo Coquand, o addirittura il Postpliocene secondo il De Stefani (3). E perciò, le stesse formazioni che a Selenitza ritroviamo fra le argille e le sabbie fossilifere, si estendono ininterrottamente a costituire la parte estrema delle colline del Malji Treblova fra la Vojusa e la Sašica, e ricompariscono in corrispondente prolungamento stratigrafico nelle ultime colline di Asna e Skrapani, che si elevano a nord di Valona fino a Mifoli, fra le lagune costiere e la Sušica-Vojusa.

Formazioni marine neogeniche argillose e sabbiose comparabili per età e caratteri a quelle dell' Italia, sembrano piuttosto rare nel versante orientale dello Jonio; ma nondimeno vennero riconosciute in talune delle isole Jonie (Zante, Cefalonia, Corfù) (4). A proposito infine del Pliocene marino nel versante orientale adriatico, il De Stefani fa notare, nel citato studio sulla geotectonica dei due versanti adriatici, che Pliocene deve trovarsi sui margini dei monti albanesi che comprendono il bacino fra il Capo Laghi e il Capo Linguetta, soprattutto nelle colline a oriente (meglio a nord-est) di Valona, dove per altro si confonde col Miocene da un lato e col Postpliocene dall'altro. Ad ogni modo, sia che il Pliocene dei dintorni di Valona sul versante della Sušica-Vojusa possa prestarsi a scambî col Miocene o col Postpliocene, sviluppato nel centro del bacino, rimane per esso accertato uno sviluppo oltremodo ridotto e ben diverso da quello che il Coquand, confondendo Miocene con Pliocene gli aveva attribuito.

(1) De Stefani C., *Aperçu géologique de l'Ile de Karpathos.* Lausanne 1895.

(2) Simonelli V., *Le sabbie fossilifere di Selenitza in Albania.* Boll. Soc. geol. ital. vol. XII, Roma 1893.

(3) De Stefani C., *Géotectonique des deux vers. de l'Adriat.* L. c.

(4) Confr. De Stefani C., *Les terrains tertiaires supérieurs de la Mediterranée.* Ann. de la Soc. géol. de Belge, Liège 1891.

Quaternario.

Secondo il De Stefani, depositi marini d'argille, sabbie e conglomerati con specie per la più parte viventi e riferibili al Postpliocene antico sarebbero assai sviluppati sopra il Pliocene, dal Drin alla baia di Valona fino a raggiungere il bacino di Selenitza; ma per quanto si riferisce alla pianura acquitrinosa e alla costa lagunare dei dintorni di Valona, non mi fu dato di constatare che la presenza di postpliocene marino, con *Cerithium vulgatum* Bruc. e *Cardium Lamarckii* Reev. piuttosto recente, e la mancanza di formazioni quaternarie antiche comparabili con quelle bene sviluppate e conosciute attorno al Golfo d'Arta e in altre località della costa jonica.

Di non minore interesse e di accertamento più sicuro sono le formazioni postplioceniche continentali.

Dopo che Cvijić, Penck, Grund, Hassert, Vinassa, Katzer ed altri [1] hanno accertato che antichi ghiacciai occupavano le montagne della penisola balcanica, in modo analogo a quanto venne pure constatato in regioni mediterranee con clima ancor meno continentale come nell'Italia meridionale fino alla Basilicata, e per l'importanza che in questi ultimi tempi hanno conseguito gli studi sul glaciale balcanico, non ho mancato di ricercare anche sulle vette acroceraune tracce eventuali di glaciazione, anche perchè il loro ritrovamento poteva riuscire di notevole interesse, tanto più che secondo Cvijić le tracce più meridionali di antichi ghiacciai si sarebbero trovate a 2150 m. nel Perister (m. 2532) fra Monastir e il lago Presba, sullo spartiacque fra l'Adriatico e l'Egeo. Detti studii fecero riconoscere che il limite climatico delle nevi durante l'epoca glaciale andò salendo dall'Adriatico verso l'interno, rimanendo influenzato in molta maggior misura dalla posizione costiera delle montagne che non dalle differenze relativamente piccole della latitudine geografica, giacchè durante ii quaternario antico si ebbe maggior copia di precipitazioni nella parte di ponente, che non in quella centrale e orientale della penisola. Nell'Acroceraunia, in base ai dati già posseduti sulle glaciazioni della penisola balcanica e alle conseguenze teoriche che da essi potevansi trarre, era prevedibile l'esistenza di tracce glaciali, ma di esse non trovai reliquie sicure altro che nel Cika e nel Kjore, presso le rispettive vette e cioè a 1800-1900 metri di altezza e alquanto più in basso a m. 1700-1800 nella sella fra i due monti.

Considerando la posizione dell'Acroceraunia a quasi un grado di latitudine più a sud delle zone albanesi con le più meridionali tracce di glaciazione, e cioè dei monti Perister — a circa 160 km. in linea retta dalla costa — e della catena del Sar dominanti l'alto bacino del Drin, la nuova constatazione, per quanto priva di molti particolari viene ad accrescere le conoscenze sul limite climatico delle nevi durante l'epoca glaciale sulle montagne della costa jonica-albanese, limite presso a

[1] Confr. Martelli A., *L'epoca glaciale nella penisola balcanica secondo gli ultimi studi.* Riv. geogr. ital. Anno XII, Firenze 1905.

poco equiparabile a quello che alla stessa latitudine venne riconosciuto dal De Lorenzo nella Basilicata meridionale.

Le attuali condizioni della più alta montagna acrocerauna non favoriscono la permanenza di tracce glaciali, perchè i fianchi occidentali del Cika e del Kjore vanno — come ho detto — ruinando con burroni e precipizii verso il mare, e sebbene posteriormente all'epoca glaciale il disfacimento superficiale delle pendici sia andato sempre continuando, pure la stessa ripidità del versante marino, determinato dalle condizioni orotectoniche dell'alta catena, male avrebbe potuto favorire la permanenza dei ghiacciai e tanto meno la conservazione dei depositi morenici. Invece nel versante balcanico, sui piani a scaglioni inclinati prodotti dalla successiva e incompleta sovrapposizione degli strati immersi a NE, si sono formate delle piccole conche di raccoglimento, ed è appunto da tale parte opposta al mare che il Kjore e il Cika conservano abbastanza bene i segni di un'antica glaciazione presentando a 100 e a 200 metri sotto la cima dei piccoli depositi indubbiamente morenici. Il Kjore termina con una cresta emicircolare attorno ad un'ampia cavità aperta verso nord-est a guisa di circo, e in fondo alla quale si conservano delle serie irregolari di piccole morene, ma nè da queste nè dalle altre, necessariamente ristrette in piccole aree, sarebbe agevole arguire la possibilità di glaciazioni plurime o anche soltanto due volte ripetute. Considerando per altro che fra i 1700 e i 1800 metri, lungo la sella fra il Kjore e il Cika, i depositi morenici appaiono più freschi e sviluppati, si potrebbe forse ammettere che nella più alta montagna acrocerauna si siano verificate due glaciazioni successive ma di diversa intensità, e, nel caso, con la seconda più sviluppata della prima. Pel resto della penisola balcanica, lo Cvijić, basandosi su fatti d'indubbia interpretazione, afferma — com'è noto — l'esistenza di tracce sicure di due glaciazioni e di soli indizii per una terza meno antica delle altre.

Queste vestigia dell'epoca glaciale conservate tutt'ora lungo la linea di vetta della catena costiera, fanno necessariamente ammettere che durante il quaternario antico anche le forme generali del rilievo, quantunque ulteriormente modificate dalla erosione — in particolare nel versante marino — dovevano già essere ben poco diverse dalle attuali.

Non mancano i fenomeni carsici in tutta la regione calcarea mesozoica dell'Acroceraunia, ma non vi raggiungono l'importanza e lo sviluppo di quelli tipici della regione dinarica. Le doline sono naturalmente più frequenti là dove più è ridotto il sistema idrografico superficiale e dove le acque dei torrenti ripidi e di breve corso si perdono per vie sotterranee. Indagini speleologiche condurrebbero probabilmente ad una messe di osservazioni molto maggiori di quanto potrebbe credersi in base ad escursioni affrettate, poichè poche caverne si aprono in modo palese verso l'esterno; ma i pastori che rimangono dalla primavera all'autunno sui monti della Lungara e della Chimara conoscono bene gli antri reconditi delle loro montagne e attraverso a piccoli spiragli superficiali sanno dove trovare sicuro riparo e per quali fenditure cautamente discendere per giungere a piccoli depositi o di acqua o di neve. Mi venne ad esempio indicata, nel Hon, una fenditura appena beante alla superficie, ma ampia nell'interno e di sicuro profonda oltre 50 metri, a giudicare almeno dal tempo impiegato da un sasso a raggiungere il fondo. Altre spaccature di una trentina di metri

almeno si osservano nel Kjore e nel Cika, e in esse anche d'estate si conserva la neve. Cito incidentalmente questi particolari e la presenza di molteplici *Karren* solo come prova di correlazioni morfologiche fra le formazioni calcaree dell'Acroceraunia e quelle della generalità delle omotipe zone montuose greco-illiriche.

Quantunque l'erosione superficiale si sia attivamente esplicata nella regione in parola, non sembra che i fenomeni carsici vi abbiano trovato condizioni favorevoli per uno sviluppo consimile a quello del sistema dinarico, forse pure in conseguenza dei forti disturbi stratigrafici nella serie mesozoica di queste montagne albanesi. Anche le doline sono generalmente di piccole dimensioni e nel loro fondo si raccoglie di solito una coltre di terra frammista agli ordinarî materiali detritici, ma terra rossa del pari proveniente dalla dissoluzione chimica dei calcari, si raccoglie pure in ogni altra cavità superficiale, anche non connessa alle particolarità morfologiche dei paesaggi carsici, e lungo le pendici dei rilievi, insieme con i detriti di sfacelo delle rocce calcaree e silicee.

In relazione all'idrografia sotterranea della Lungara fra il Mazari e il Cirakut, sta l'abbondante scaturigine dell'Izvoru, al piede dei monti e a soli tre chilometri dal mare.

Altre formazioni continentali si hanno nelle brecce, nei conglomerati, nelle ghiaie e nei materiali di frana ai piedi dei dirupi e negli alvei e alle foci dei torrenti.

L'erto pendìo occidentale della Lungara è spesso ammantato da rilevanti depositi detritici associati a terra rossa e talora cementati in conglomerati e ghiaie, che specialmente si addensano nelle vallecole d'erosione. Presso Salvari e Krionero lungo le trincee dei torrenti, i depositi recenti appaiono orizzontali su quelli miocenici molto disturbati. Così pure i fianchi abrupti dei monti acroceraunì nel versante marino della Chimara, hanno fornito agli impetuosi torrenti abbondanti materiali di trasporto e come risultato mirabile e classico dell'azione dei torrenti in questa regione rimane il grande cono di deiezione di Aspri ruga o delle Strade Bianche, il più importante e grandioso di tutta la costa adriatico-jonica. In corrispondenza del passo di Logarà già si trovano i blocchi ricementati dei depositi torrentizi, e come un'immane quantità di materiale asportato dai monti di Logarà e dai fianchi occidentali del Kjore e Cika si distende fino al mare; e nel versante opposto della baia di Valona un fenomeno analogo si ripete, ma molto più in piccolo fino al bacino di Dukati, tanto che i torrenti nella cerchia a monte di Dukati, sono inalveati nelle loro stesse alluvioni.

Così che in detto bacino e più esattamente nella parte più alta della valle anticlinale di Dukati, le deiezioni grossolane dei torrenti montani vengono a sovrapporsi ai conglomerati miocenici, fino a confondersi con essi.

La valle della Sušica, nel suo tratto inferiore, è ampia, ricolma di alluvioni minute e di ghiaie, e nei mesi invernali rimane allagata nei terreni adiacenti al corso del fiume; ma, in generale, tanto i terreni alluvionali della Sušica e della Vojuša che quelli della pianura di Pašaliman, sono i più favorevoli all'agricoltura e come tali molto più estesamente coltivati delle zone collinose.

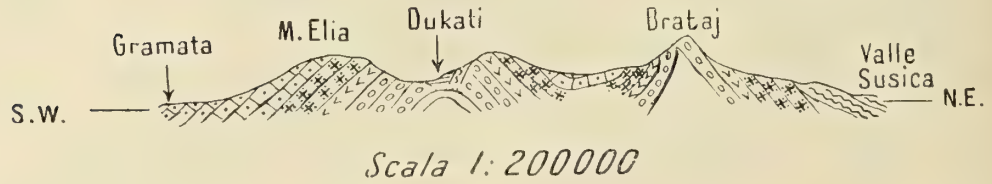
Presso alle coste succedono però sterili spiagge arenose, terreni allagati dai bassi corsi d'acqua e lagune.

I terreni paludosi della pianura di Dukati sono dovuti in gran parte al ristagno di acque spioventi dai monti acrocerauni verso la baia, ma influenza notevole nell'alimentazione delle vaste paludi costiere di Pašaliman hanno pure le periodiche invasioni di acque marine.

Le lagune di Valona si distendono lungo il littorale invadendo la pianura alluvionale a nord-ovest della città, poichè le abbondanti accolte di acque marine per opera delle correnti e del moto ondoso invadono i terreni adiacenti, specie in autunno e in inverno. Le acque di queste lagune, più propriamente designabili come paludi costiere, non sorpassano di solito la profondità di un metro, ma comprendono in compenso un'estesissima zona fra il mare e le colline estreme a nord di Valona.

Cordoni littorali sabbiosi alti fino a 20 m. e, dovuti all'alta marea e alle burrasche, separano la spiaggia arenosa dalla palustre, e dune bellissime, alte fino a 20 metri costeggiano il litorale acquitrinoso, e s'interpongono fra la riva del mare e le vaste saline di Arta. Queste dune sono molto estese e in stato di continua progressione, tanto che se ne distingue la fresca invasione sulla pianura acquitrinosa, ricca di piante palustri. Esse si succedono in serie allungate sub-parallelamente alla costa, sono ampie e continue e accennano ad un crescente sviluppo dai pressi dello scalo di Valona alla laguna di Arta, susseguendosi sulla spiaggia sabbiosa fino ad un massimo di 800 metri dal mare e connettendosi poi alla serie di quelle, che, più a nord, si elevano lungo le rive marine della zona alluvionale e ricca di lagune costiere, fra le formazioni deltaiche della Vojusa, del Semeni e dello Skumbi.

Spaccati corrispondenti alle direzioni segnate sulla carta.



Scala 1: 200000

Scala 1: 200000

Lias medio — Lias superiore — Dogger inferiore

Dogger medio e superiore — Malm — Miocene medio

Depositi recenti

Scala 1: 200000

Eocene — Oligocene — Miocene medio

Miocene superiore — Gessi — Pliocene — Depositi recenti

Fig. 1 - Tratto di costa acrocerauna. - Kjore, Cika e cono di deiezione di Aspri Ruga.

Fig. 2 - Bacino di Trajas con lo sfondo del Kjore e Cika.

Fig. 3 - Valle di Dukati e versante orientale dei monti costieri Elias e Dreri.

Fig. 4 - Tratto di Lungara col M. Mazari, dalla pianura di Pasaliman.

Fig. 5 - Paesaggio della Lungara presso il Hon, nella formazione dei calcari e scisti con selce.

Fig. 6 - Costa di Salvari e versante marino della Sasica.

DANESI - ROMA

Fig. 1 - Versante occidentale del Caraburun (Creta) da sud di Ravenna.

Fig. 2 - Versante orientale del Caraburun (Creta) da sud di Ravenna.

Fig. 3 - Formazioni eoceniche della Sasica sottoposte al Miocene di Kanina.

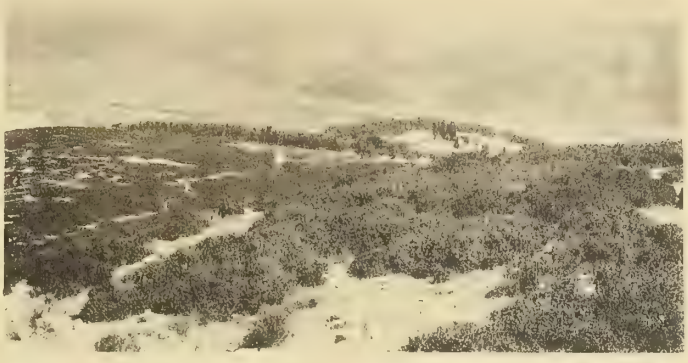


Fig. 4 - Eocene di Drasovica e formazioni mioceniche della valle della Susica.

Fig. 5 - Scisti e calcari oligocenici (?) lungo il rio di Kanina a sud di Cisbarza.

Fig. 6 - Colline mioceniche di Radima e Lungara.

DANESI - ROMA

Fig. 1 - Kanina (Miocene).

Fig. 2 - Miocene e postpliocene discordante presso Salvari.

Fig. 3 - Colline mioceniche presso lo scalo di Valona e parte settentrionale della Sasica.

(Fotografia favorita dal Bosn. herceg. Institut für Balkanforschung)

Fig. 4 - Formazione gessosa a oriente di Valona.

Fig. 5 - Valona (Miocene superiore).

(Fotografia favorita dal Bosn. herceg. Institut für Balkanforschung)

Fig. 6 - Valona e colline plioceniche fra le lagune e la Susica.

DANESI - ROMA

Ricerche sulla morfologia e sull'accrescimento dello stipite delle Palme.

Memoria del Socio A. BORZÌ e del dott. G. CATALANO

Presentata nella seduta del 7 gennaio 1912

(con due tavole)

Stipes basis frondis est.

(C. Linné, *Philosophia Botanica*, 1a ed., 1751, pag. 42)

La singolare natura del fusto delle Palme non poteva certo sfuggire all'attenzione dei vecchi osservatori. E difatti la maniera ordinaria di concepire la essenza di un albero, di un frutice, di un'erba, ecc., dedotta appunto dalla consistenza, dalla statura, dalla durata di quest'organo, non trova piena corrispondenza nel caso particolare di questa famiglia di vegetali. L'idea di un tronco dalle dimensioni robuste e forme svelte, dalla consistenza legnosa, e che d'altra parte non si accresce punto in ispessore, come accade d'ordinario nelle piante erbacee, e che con queste perciò divide parecchie sue proprietà, si allontana evidentemente dal modo abituale di concepire la natura del fusto stesso; e già Linné, con scultorea precisione, interpretando siffatto concetto, ritraeva la caratteristica fisionomia di queste piante con le parole: « ... si ipsam plantam spectes, nec arbor, nec frutex, nec suffrutex, nec herba est » (1).

Ed è ancora meraviglioso rilevare come lo stesso Linné, col suo geniale talento divinatore, avesse concepito la idea della natura morfologica del fusto delle piante di cui è parola, riassumendone nella seguente frase l'origine: « ... il fusto delle Palme è formato dalla base dei picciuoli riuniti in un sol fascio; esso è quindi uno stipite o piede sul quale riposano le foglie » (2). È meraviglioso, diciamo, perchè tale concezione, dedotta da osservazioni le quali allora non potevano essere che superficiali ed imperfette, oggi, dai mezzi d'indagine più approfonditi e dalle nuove vedute della Morfologia, riceve il più valido appoggio nei fatti fin qui rivelati sulla organizzazione dei vegetali.

(1) *Musa Cliffortiana florens Hartecampi*, 1736, pag. 1.

(2) Riportiamo testualmente questa frase dal Mirbel, *Traité d'Anatomie et de Physiologie végétales*, tom. I, Paris, anno X, pag. 210.

Uno dei più notevoli risultati del presente lavoro, come si vedrà nei capitoli che seguono, è appunto la sanzione piena e completa che a la concezione linneana viene dai nostri studî morfologici ed anatomici sullo stipite delle Palme.

Allo scopo di mostrare le vicende, cui andarono incontro le conoscenze sull'anatomia dello stipite delle Palme, ed anche per avere agio di additare in seguito quale valore abbiano talune antiche osservazioni alla stregua delle moderne vedute morfologiche, riteniamo indispensabile esporre anzitutto un breve sunto storico di tali conoscenze. Esse rimontano fino alla prima instaurazione della Botanica scientifica; infatti il primo studio anatomico sulle piante di cui è parola si deve addirittura ad uno dei fondatori dell'Anatomia vegetale, cioè al Grew (1), sebbene le prime notizie di qualche interesse sull'argomento non si abbiano che col Daubenton, e in seguito, col Desfontaines (2).

Secondo questi autori, la struttura del legno delle Palme, nonchè di tutte le altre Monocotiledoni, di cui quelle sono forse i rappresentanti più puri, sarebbe contraddistinta da ciò, che i fasci sono sparsi, e che ciascuno di essi, decorrendo lungo la foglia, arriva fino al centro del fusto. Questa scoperta fece credere che i fasci vascolari delle Monocotiledoni si formassero nel centro del fusto, mentre i più vecchi fossero situati alla periferia; e che il processo di origine dei nuovi fasci dal centro stesso durasse finchè quelli più vecchi, già solidificati, della periferia, non avessero formato una tale guaina da impedire l'ulteriore spostamento verso l'esterno dei più giovani fasci e pertanto anche l'ulteriore accrescimento in ispessore dello stipite. Questa sarebbe stata la causa della forma colonnare del fusto di queste piante, e da ciò inoltre venne la loro distinzione, adottata anche in Sistematica, col nome di piante vascolari « endogene », cioè ad accrescimento interno, di fronte a tutte le altre Fanerogame ad eccrescimento periferico, dette perciò « esogene ». I due gruppi sono infatti così contraddistinti dal De Candolle: « exogene » o Dicotiledoni, nelle quali i vasi sono disposti in strati concentrici, dei quali i più giovani sono quelli più esterni, ed « endogene » o Monocotiledoni, in cui i vasi si trovano disposti a fasci e non a strati (3). Aggiunge però l'autore, in una nota, che tali fasci delle Monocotiledoni sono situati al centro del fusto soltanto nella loro parte terminale o superiore, mentre in quella inferiore i fasci più recenti si trovano al di fuori rispetto a quelli più vecchi.

Ma il Du Petit-Thuar (4) mostrò, in seguito, come anche talune Monocotiledoni crescano illimitatamente in ispessore: e ciò fece ammettere che in certi casi, in queste piante, vi fosse, oltre alla vegetazione centrale, anche un accrescimento periferico.

Contro la teoria di Desfontaines si levò per altro il Moldenhawer (5), il quale trovò che nel fusto della Palma da Dattero esiste una zona di separazione tra le formazioni di fasci esterni ed interni i quali ultimi invero si trasformerebbero in fasci

(1) *Anat. of plants,* pag. 104.
(2) *Mém. sur l'organisat. de Monocotyl.* (Mém. de l'Institut national, tom. I, 478).
(3) *Théorie élémentaire de la Botanique* etc. Paris, 1844, pp. 204-210.
(4) *Prémier essai sur la végétation.*
(5) *Beiträge zur Anatom. d. Pflanzen,* 53.

legnosi, producendo vasi spirali, poco dopo il lor nascere; di questi fasci legnosi i più interni decorrerebbero nelle foglie più vecchie, i più esterni in quelle più recenti. In altri termini la Palma da Dattero non presenterebbe, secondo il Moldenhawer, che un normale accrescimento periferico.

Al Meneghini si deve un'importante teoria per spiegare il decorso obliquo dei fasci nei fusti delle Palme e delle altre Monocotiledoni (1). Essa si fonda sulla considerazione del modo di origine delle foglie della gemma e sui rapporti che intercedono tra l'ampiezza della inserzione fogliare ed il contorno del fusto intero allo stato adulto. Le foglie, secondo il Meneghini, in tutte le Monocotiledoni avrebbero in origine la forma di tanti imbuti capovolti concentrici, la cui base d'inserzione abbraccia l'intero contorno della gemma. In questo stadio i fasci decorrono dalla periferia verso la foglia, cioè in direzione quasi radiale; quando però la gemma si sviluppa e si sviluppano gli internodii, la base d'inserzione fogliare non abbraccia più l'intero contorno dello stipite, ma solo un arco più o meno ampio di questo; la porzione superiore dei fasci durante lo sviluppo della foglia, dovendo naturalmente seguir questa nel suo movimento, subisce un incurvamento che va dal centro dello stipite verso la periferia; e poichè la porzione inferiore rimane presso a poco al suo posto, deriva in definitivo la posizione caratteristica dei singoli fasci vascolari, quale si può riscontrare nelle sezioni longitudinali degli stipiti.

Interessanti sono anche i lavori del Lestiboudois (2) sulle Palme, nelle quali questo autore, senza però indicare in quali generi furono condotte le sue ricerche, ritiene che i fasci derivino in parte dalla corteccia parenchimatica, in parte dagli stessi fasci già grossi, sotto forma di ramificazioni, le quali, mediante ripetute anastomosi, darebbero origine ad una rete. In altri termini, egli ritiene che non tutti i nuovi fasci si formino alla periferia del fusto, ma che da quelli centrali e da quelli decorrenti negli strati duri e compatti della periferia derivino altresì dei fasci sottili simili a quelli giacenti sotto la corteccia, e conclude mettendo in evidenza questa prerogativa che avrebbero tutti i fasci, di generarne, cioè, di nuovi.

Il Mirbel, in un lavoro sulla Palma da Dattero (3), espone una notevole teoria sulla struttura e l'accrescimento delle Monocotiledoni. Egli assume che, sia che i fasci si originino alla base e salgano in su fino a guadagnare le giovani foglie, o sia, viceversa, che si generino in alto e scendano in seguito fino alla base, il fusto deve avere una forma conica, in forza dell'accumulo di fasci che viene in ogni caso a prodursi alla base. Ma egli ritiene invero che i fasci non si originino nelle foglie e scendano in giù fino alla base del fusto, dimostrando con cifre che, se ciò fosse, si dovrebbe avere alla base un diametro che non ha mai riscontro nel fatto; ed è invece d'opinione che i fasci nascano nel mezzo dello stipite in quella regione che in alcune Palme è rigonfiata a barile, mostrando che in tali piante il medesimo fascio vascolare ha già alla sua estremità inferiore le qualità del legno sviluppato, nella sua parte mediana trovasi allo stato di alburno mezzo indurito, mentre all'apice consiste in un tessuto in via di formazione.

(1) *Ricerche sulla struttura del caule nelle piante monocotiledoni.* Padova, 1836.

(2) *Études sur l'anatomie et la physiologie des végétaux*, 1840.

(3) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 12 juin, 1843.

Nel suo *Traité d'Anatomie et de Physiologie végétale*, già citato, il Mirbel, al capitolo sulla organizzazione e sullo sviluppo dello stipite delle Palme, dopo aver ricordato il concetto linneano da noi dianzi esposto, si sofferma a spiegare il meccanismo onde lo stipite si accresce, e lo ascrive ad una sovrapposizione successiva di anelli dovuti alla riunione delle basi fogliari appartenenti alle successive rosette terminali. Cosicchè il diametro dello stipite sarebbe stato stabilito dal diametro stesso dell'anello basale formato dalle foglie, il quale, raggiunto lo sviluppo definitivo, non sarebbe più capace di ulteriore accrescimento, perchè, come aveva già osservato il Desfontaines, i fasci della periferia, fittamente addensati tra di loro, formano un solido astuccio che impedisce l'avanzata ulteriore di nuovi fasci dall'interno. Egli conclude che lo stipite delle Palme non ha dunque alcuna somiglianza d'organizzazione con il tronco delle Dicotiledoni, e che, con una parola, esso andrebbe piuttosto considerato come un immenso fascio di picciuoli fogliari, anzichè come un vero fusto.

Contro tutte queste opinioni, in gran parte errate, si levò U. Mohl.

A lui per il primo si deve una illustrazione della morfologia interna ed esterna del fusto delle Palme, così accurata ed esatta, che ancor oggi, si può dire, le sue proposizioni reggono inalterate. Egli ebbe anche il merito dell'abolizione della distinzione delle Monocotiledoni sotto il nome di piante « endogene », stabilita dal Desfontaines, poichè potè dimostrare che anche in esse i fasci si originano esternamente (1).

Anche sul problema dell'accrescimento diametrale dello stipite di queste piante dobbiamo al Mohl i primi dati di qualche importanza, giacchè egli, con misure dirette eseguite su un gran numero di specie di Palme, mise per la prima volta in evidenza che le dimensioni primitive dei loro stipiti vanno considerevolmente ad aumentare con l'età (2).

Distingue però un *accrescimento apparente* dovuto alle radici avventizie che nascono alla base dei vecchi stipiti, ed un *accrescimento vero*, che accade nelle parti medie e superiori di questi (*Borassus flabelliformis*, *B. Aethyopum*; *Iriartea ventricosa*, *I. phaeocarpa*; *Acrocomia lasyospata*); ma sul modo come tale accrescimento proceda non dà alcun giudizio, giacchè così si esprime: « Neque... possum certum ferre judicium, num caudicis illa dilatatio a maiore pendeat frondium numero, ea ipsa qua effecta fuerit, aetate circa caudicem evolutarum » (3).

Nel 1877 il De Bary emette per il primo l'ipotesi che le Palme, a differenza delle Dicotiledoni, siano destituite di tessuti secondarii di origine cambiale, ma che si ingrossino per semplice graduale aumento di volume degli elementi primarii (4).

L'Eichler, prendendo le mosse dalle misure del Mohl, dedica un lavoro apposito al problema dell'accrescimento diametrale dello stipite delle Palme, prendendo per materiale da studio lo stipite di un vecchio *Cocos flexuosa* Mart.; e giunge alla conclusione che siffatto aumento della dimensione diametrale è dovuto esclusivamente

(1) *Vermischte Schriften botanischen Inhalts.* Tübingen, 1845, pag. 133.

(2) Martius, *Historia nat. palmarum*, vol. I, 1823-1850, pag. LXXXIV.

(3) Martius, op. cit., pag. LXXXV.

(4) *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen u. Farne*, pag. 636, in Hofmeister's-Handb. der physiol. Botanik, III Bd., Leipzig, 1877.

alla dilatazione delle cellule del parenchima fondamentale e dei gruppi di sclerenchima dei fasci vascolari, confermando così pienamente l'opinione del De Bary (1).

Allo stesso risultato giunge anche lo Strasburger (2) dopo avere esaminato la porzione superiore dello stesso esemplare di *Cocos* studiato dall' Eichler. E della stessa opinione furono successivamente il Petersen (3), il Potoniè, in base ad osservazioni che datavano dal 1881 (4), ed altri ancora.

Uno di noi (Borzì) nel 1896 riscontrava negli stipiti di *Washingtonia filifera*, di *Kentia forsteriana*, di *Archontophoenix* e di *Ptycosperma*, taluni punti di tessuto meristematico, dove le cellule mostravano un chiaro ordinamento radiale, punti che venivano interpretati come centri di neoformazione secondaria, così che quelle Palme mostravano invero un accrescimento secondario alla maniera delle Yucche e delle Dracene. Siffatto reperto veniva comunicato allo Strasburger e da questi pubblicato nella 3ª edizione del suo Trattato di Botanica, del 1898. Il lavoro poscia veniva annunziato nei Rendiconti del Congresso Nazionale Botanico di Palermo del 1902 (5), ma poi non più pubblicato per ragioni che sono esposte più avanti.

Un anno dopo dalla pubblicazione del Trattato dello Strasburger, il Kraus, esaminato lo stipite ingrossato di una *Oreodoxa*, non può che confermare la opinione del De Bary e dell' Eichler (6).

Ed alla stessa conclusione giunge anche il Barsikow nel 1901 al riguardo di numerose Palme tropicali da lui esaminate (*Phoenix*, *Phoenicophorium*, *Oreodoxa*, *Cocos*, ecc.) (7).

Nel 1904 lo Zodda (8) riprendeva in esame il problema su due generi non ancora studiati in tal senso (*Trachicarpus* e *Livistona*) confermando le già note vedute del De Bary per il primo e riscontrando in alcune specie del secondo una segmentazione in massa del parenchima fondamentale dopo raggiunta la sua definitiva evoluzione, e in corrispondenza con questo processo, una neoformazione di fasci e di cordoni sclerenchimatici.

Poco dopo, lo Strasburger (9), riferendosi all'antico reperto del Borzì, riesaminava uno stipite di *Washingtonia filifera* Wendl. di 22 anni d'età, escludendovi

(1) *Ueber die Verdickungsweise der Palmenstämme*, in Sitzungsb. d. K. preuss. Ak. d. Wissenschaften zu Berlin, 1886.

(2) Histolog. Beiträge, III, 1891, pp. 381-382.

(3) *Bemaerkninger om den monok. Staengels Tykkelsevaext og anat. Regioner*, in Botanisk Tidsskrift. B. 18, 1892-93, pp. 112-126 (con riassunto in francese).

(4) *Wachsen die Palmen nachträglich in die Dicke?* in Naturwiss. Wochenschrift, B. X, 1895, da Ref. del Bot. Centralblatt, 1896, III Q., pag. 337.

(5) *Intorno all'accrescimento secondario nei fusti delle palme*. Palermo, 1903, pag. 170.

(6) *Einiges über Dickenwachsthum der Palmenstämme in der Tropen*, in Sitzungsb. d. Phys. Medic. Gesellschaft zu Wurzburg, XXXII, 1899, pag. 62 (da recens. in Journal of the Microscopical Society, 1899, pag. 613).

(7) *Ueber das sekundäre Dickenwachsthum der Palmen in der Tropen*, in Verh. d. Phys. Med Gesellschaft, Wurzburg. XXXIV, pp. 213-215 (rec. in Journal of the Microsc. Society, 1902, pag. 316).

(8) *Sull'ispessimento dello stipite di alcune Palme.* Malpighia, anno XVIII, vol. XVIII,

(9) *Ueber die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und Schraubenbäumen.* Sond-Abdruck aus den Jahrbüchern f. Wissensch. Botanik, B. XLIII, H. 4, 1906.

qualsiasi notevole accrescimento secondario del tipo delle *Dracene* ed interpretando i centri di tessuto meristematico riscontrati dal Borzì come focolari localizzati di neoformazioni di fasci e parenchima destinati a realizzare un raccordo tra i fasci già esistenti, ma non a produrre nuovi sistemi conduttori.

Infine il Baccarini [1], prendendo in considerazione il lavoro dello Zodda, apporta molti schiarimenti d'indole generale sul processo d'ispessimento dello stipite delle Palme e ne fa risalire giustamente tutte le cause al modo speciale di origine dei plessi di tessuti dal cono di vegetazione.

Il presente lavoro trae la sua ragion d'essere dalle seguenti considerazioni:

Poichè, come hanno concordemente riscontrato tutti gli autori citati fin qui, non esistono nelle Palme meristemi capaci di produrre un accrescimento secondario, e poichè d'altra parte i loro stipiti sono suscettivi di aumentare di dimensione diametrale nel corso della loro esistenza, il semplice esame anatomico di un solo esemplare di ogni singola specie, quale hanno fatto fin qui gli Autori, è evidentemente insufficiente a stabilire da solo le cause dell'accrescimento, poichè esso non rivela se non lo stato in cui l'esemplare stesso trovavasi nel momento in cui veniva abbattuto; nè può dare certamente alcun lume sui processi che si son verificati prima del raggiungimento di questo stato, nè tanto meno su quelli che sarebbero avvenuti rimanendo l'esemplare in vita.

Il modo di risolvere veramente il problema, sarebbe invece quello di tessere la storia completa dell'accrescimento dello stipite di una Palma dalla sua nascita fino al raggiungimento delle più grandi dimensioni, potendosi solo così avere dati diretti, epperò sicuri, sulle vicende che la dimensione diametrale mostra durante il corso della vita della Palma e sui rapporti che eventualmente intercedessero tra essa e tutti gli altri fenomeni dello sviluppo.

Disgraziatamente, al conseguimento di questo scopo si oppongono non poche difficoltà, non ultima quella del tempo straordinariamente lungo che occorrerebbe per simili osservazioni prima di giungere ad un risultato positivo, e quella del materiale stesso, che non sempre può aversi a disposizione per un tempo così lungo.

Siffatta storia dovrebbe poi essere naturalmente integrata da uno studio anatomico comparativo delle varie fasi attraverso le quali passa l'individuo della specie considerata, fino al raggiungimento della più tarda età, poichè da questo studio scaturiscono le differenze, e cioè i processi pei quali si passa dall'uno all'altro stadio.

Applicando fin dal 1894 questi concetti, per cura di uno di noi (Borzì) veniva istituita una serie di misure su due esemplari eguali di *Washingtonia filifera* Wendl., crescenti nel giardino botanico di Palermo, a tre differenti altezze, alla stessa epoca di ogni anno.

Dopo due anni (1896) l'esame di queste misure induceva nel Borzì il convincimento che la detta specie fosse dotata di accrescimento diametrale secondario, come le Yucche e le Dracene: convincimento poscia apparentemente confermato dal reperto

[1] *Attorno all'accrescimento in ispessore dei fusti delle Palme.* N. Giorn. Bot. Ital. (nuova serie), vol. XIV, n. 1, gennaio 1907.

dei punti di tessuto meristematico riscontrati anche in altre specie di Palme, e studiati in seguito dallo Strasburger. E, come si disse, una breve comunicazione di tali risultati veniva fatta al Congresso Nazionale di Botanica tenutosi a Palermo nel 1902. Oggidì, invece, dopo ben 18 anni, quelle misure indicano che a ben altre cause devesi il comportamento della crescita diametrale. Il fatto è che soltanto oggi possono da esse trarsi conclusioni certe e con la scorta di uno studio anatomico è dato di additare le cause di siffatto comportamento nelle varie regioni dello stipite prese in considerazione.

Oltre ai su detti rilievi, il materiale delle osservazioni del Borzì comprendeva una serie di fatti destinati a dare la nozione completa dell'accrescimento e della composizione dello stipite. Lo studio del singolare modo di crescere dei fusti rizomiformi di *Sabal Adansoni* Guern., e di qualche altra specie simile, dava a codesto materiale una importanza rilevante per la efficacia dimostrativa dei concetti morfologici che ne scaturivano intorno ai rapporti e al valore delle denominazioni di fusto e foglia.

Le misure del diametro dei due esemplari di *Washingtonia*, raccolte ininterrottamente per 18 anni, ci porgono oggi occasione di ritornare sull'antico problema dell'accrescimento in ispessore degli stipiti delle Palme e ci conducono inoltre alla esposizione di talune nuove considerazioni intorno all'altro problema or ora accennato, sui rapporti cioè tra fusto e foglie e sulla interpretazione morfologica dello stipite delle Palme in particolare.

Data la importanza e la vastità dei confini dell'argomento, è parso conveniente distribuire il lavoro fra i due Autori di questo scritto, in modo da non lasciare lacune. Essendosi particolarmente uno di noi (Catalano) occupato di ricerche anatomiche sulle Palme traendo profitto del copioso e svariato materiale quale può fornire il R. Orto Botanico di Palermo, codesta associazione valse ad approfondire vieppiù le indagini e a dare al lavoro una più utile coordinazione ed un efficace completamento.

Il materiale delle nostre ricerche, pertanto, comprende due categorie di stipiti, che fin da ora possiamo assumere come rappresentanti di altrettanti tipi di svolgimento dello stipite delle Palme. Distinguiamo questi tipi colle espressioni:

1°) tipo a sviluppo eguale, simmetrico;

2°) tipo a sviluppo unilaterale, asimmetrico.

Il primo abbraccia i più comuni casi di fusti cilindrici o cilindrico-conici, eretti, più o meno sviluppati in altezza, oppure talvolta affatto brevi o brevissimi, come nel caso delle così dette specie acauli, il cui accrescimento segue regolarmente ed egualmente nelle varie direzioni del diametro trasversale. Per questo primo tipo abbiamo scelto, per le osservazioni e lo studio morfologico-anatomico, lo stipite della *Washingtonia filifera* Wendl., specie molto singolare per la regolarità e rapidità dello sviluppo.

Il secondo tipo comprende gli stipiti di alcune specie di Palme dove la massa caulinare prende la configurazione di un rizoma articolato, sporgente dalla superficie del terreno in direzione più o meno obliqua. Come esempio può citarsi la specie *Sabal Adansoni* Guern, la quale è stata appunto oggetto delle nostre ricerche.

I.

Stipiti a sviluppo eguale, simmetrico.

Come risulta dalle premesse considerazioni storiche, le osservazioni di molti Autori hanno concordemente stabilito che gli stipiti delle Palme raggiungono il loro definitivo spessore indipendentemente da qualunque altro contributo che possa pervenire ai loro tessuti da quei centri meristematici localizzati aventi l'ufficio di generare i raccordi vascolari tra le vie di conduzione esistenti nello stipite e quelle che si formano nelle nuove foglie, e che in nessun modo possono influire altre formazioni di natura secondaria, quali ad esempio quelle di carattere peridermico rinvenute dal La Floresta in alcune specie e provenienti da un particolare meristema posto alla periferia dello stipite stesso (1). Per questa ragione il fusto di una Palma è paragonabile al caule di un'erba annuale qualunque ad accrescimento definito, come per es. il culmo di una graminacea, salvo, s'intende, le differenze che spesso intercedono tra le dimensioni.

Ora appunto considerando il corso dello sviluppo generale dello stipite di una Palma che mette capo in definitivo ad un corpo di mole sovente gigantesca, noi siamo condotti a distinguervi due periodi: l'uno che s'inizia dalla germinazione del seme per finire dopo un numero determinabile di anni, ed è contraddistinto dai fenomeni di accrescimento in altezza ed in diametro; l'altro, seguente immediatamente dopo, e che dura per un tempo indefinito, quanta è la durata della pianta stessa, o finchè una causa violenta esterna non uccida il soggetto. In quest'ultimo periodo lo stipite seguita ad accrescersi nel senso dell'altezza, conservando invece un diametro costante; nel tempo stesso, ed in armonia al lento accrescimento in altezza, la base estende e rafforza la sua superficie di contatto col suolo, svolgendo perifericamente un grande numero di radici avventizie formanti un fitto viluppo torno torno alla base stessa. Indi s'inizia la fioritura e può quindi dirsi che la pianta abbia già raggiunto il suo perfetto grado di sviluppo.

Cominciamo dunque a seguire le vicende dell'accrescimento a partire dal primo periodo della vita di un individuo di Palma, ad es. di *Washingtonia filifera* Wendl.; ed esaminiamo perciò un certo numero di esemplari in stadii di svolgimento man mano più avanzati.

Prendendo le mosse da uno stipite giovanissimo, della età di due o tre anni, e spogliandolo accuratamente di tutte le foglie che ne costituiscono il germoglio, si vede che esso presenta la forma grossolana di un doppio cono, la cui base comune corrisponde naturalmente alla massima dimensione trasversale dell'organo stesso (v. fig. 1). Il cono inferiore (*ci*) si affonda in giù nel terreno (*l-l*) ed è regolarmente

(1) *Ricerche sul periderma delle Palme,* nei Rend. del Congresso Bot. naz. tenutosi in Palermo nel maggio 1902, pp. 174-176. Palermo, 1903.

sviluppato nel senso dell'altezza, mentre il cono superiore (*cs*) non ha che un'altezza molto esigua in confronto al diametro della base; esso cioè presenta una forma molto schiacciata. Al vertice si osserva il brevissimo cono di vegetazione (A). Intanto, lungo i lati del cono inferiore vedonsi partire delle radici avventizie (R), tanto più giovani quanto più vicine all'orlo della base massima.

Interessante è il seguire il decorso delle inserzioni fogliari lungo la superficie esterna dei due su detti coni. Esse rappresentano delle aree che a mo' di anelli continui circondano il cono di vegetazione, tanto nel caso di foglie nascenti o giovanissime, quanto in quello di foglie già sviluppate. Così che, appena denudato il

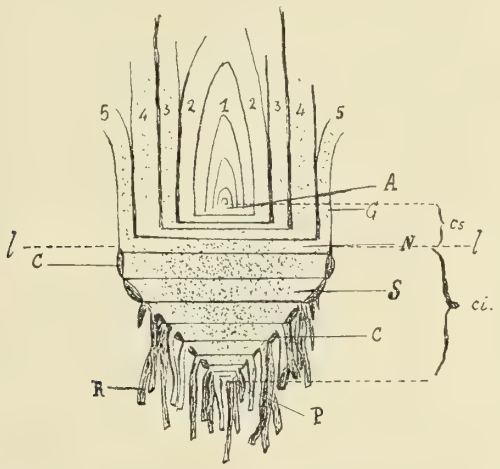


Fig. 1. — Spaccato longitudinale mediano semischematico di una *Washingtonia filifera* Wendl., di 2-3 anni d'età. (Tipo a sviluppo eguale, simmetrico). — 1, 2, 3,... foglie attive presenti nel germoglio; *G*, guaina fogliare secca superiormente; *S*, stipite precedentemente formato; *N*, nuova porzione di stipite derivante dalla base fogliare 5; *C*, cicatrici delle antiche foglie; *P*, primo nucleo di stipite derivante dalla base cotiledonare; *R*, radici; *A*, cono di vegetazione; *l-l*, livello del suolo; *cs.*, cono superiore; *ci.*, cono inferiore.

giovane stipite, esse appariscono sotto forma di anelli concentrici di uno spessore variabile che rivela l'ordine fillotassico di successione e di disposizione caratteristico della specie, essendo la parte centrale più larga in corrispondenza alla posizione del picciuolo, mentre tutto il resto dell'anello, di minore spessore, corrisponde alla guaina fogliare. Sulla superficie si vedono affiorare i fasci libero-legnosi del tipo normale alle Palme, in gran numero ed irregolarmente disposti.

Al di là dell'orlo della base di comune contatto dei due coni, cioè sulla superficie del cono inferiore, si osservano delle cicatrici fogliari (C) abbraccianti l'intero contorno dello stipite, le quali a mano a mano, procedendo verso l'estremo vertice inferiore, divengono sempre più corte e più anguste. Infine, come ultima traccia, alla estremità inferiore si rinviene la cicatrice della guaina corrispondente alla base del picciuolo cotiledonare (P). Tutte le su dette inserzioni fogliari appariscono ricoperte

dalle radici avventizie, le quali, come si è detto, prendono origine in prossimità sempre maggiore della base massima dei due coni sovrapposti.

Rivolgendo il nostro esame ad un altro esemplare della stessa specie di Palma, dell'età di 5-6 anni, si riscontrano le medesime condizioni, salvo le differenze di grandezza e di numero delle inserzioni fogliari. Aumentate appariscono anche le dimensioni in altezza delle due regioni coniche dello stipite; però il rapporto tra queste ed il valore del diametro della base, si mantiene ancora presso a poco uguale a quello dell'esemplare più giovane, precedentemente esaminato.

Le medesime condizioni, con le stesse variazioni circa alle dimensioni dovute all'età, si riscontrano in individui più evoluti; senonchè il cono superiore che regge le foglie sulla sua superficie e mantiene sempre la tipica forma assai schiacciata, comincia a prolungarsi in basso in una porzione di stipite di forma leggermente conica; e lo stesso dicasi di esemplari ancor più vecchi ed aventi un'età persino di 18-20 anni (v. fig. 2). Anche in essi si ha un cono superiore assai schiacciato, reggente sulla sua superficie le foglie, ed un cono inferiore, sotterraneo, dalla cui superficie partono delle radici (*ci*, R); ma tra l'uno e l'altro si interpone ormai una nuova porzione di stipite in forma di un tronco di cono (*pi*) con le basi minore e maggiore rispettivamente in contatto con quelle del cono superiore e del cono inferiore. Esso può raggiungere l'altezza di 3 metri e più; ma di fronte a tale sviluppo longitudinale la base inferiore non si è dilatata se non in proporzioni piuttosto limitate, ed anzi ben presto raggiunge un valore diametrale che non appare suscettivo di ulteriore aumento. Anche le singole foglie appariscono pervenute al *maximum* delle dimensioni, e da questa fase il loro numero comincia a mantenersi costante.

In tali condizioni possiamo dire che la pianta ha già raggiunto il suo normale caratteristico stato di completo svolgimento; e lo dimostra infatti la produzione dei fiori, che non tarda ad avverarsi (1).

Da questa rapida rassegna dei caratteri esteriori dello stipite della *Washingtonia filifera* considerato in varî successivi stadii di svolgimento e dalla considerazione dei rapporti esistenti tra le diverse parti di esso, risulta chiaro il processo costitutivo generale del fusto di questa pianta. E le stesse conclusioni si potranno applicare, per analogia, agli stipiti di altre specie di Palme, riferentisi però sempre allo stesso tipo simmetrico-cilindrico.

Emerge anzitutto chiaramente il principio che le foglie, a partire dalle prime fasi di svolgimento germinale, vanno a mano a mano a raggiungere dimensioni sempre più grandi. È certamente un fatto naturale e noto a tutti, che le foglie di una pianta allo stato giovanile sono più piccole di quelle che successivamente si producono col procedere dell'età della pianta stessa e che raggiungono infine dimensioni determinate che si possono considerare come caratteristiche e costanti per la specie. Ma ciò

(1) Da numerosi documenti consultati al riguardo, risulta che, almeno sotto il clima di Sicilia, l'epoca della fioritura della *Washingtonia filifera* Wendl., in condizioni normali di vegetazione, cade intorno ai 18-20 anni dalla semina della pianta stessa. Vedi, fra l'altro, V. Ostinelli, *Fruttificazione della Washingtonia filifera* Wendl., in Boll. d. R. Società Toscana di Orticoltura, anno XVIII, n. 5, 1893, dove si rileva che la prima Palma di tale specie, fiorita per la prima volta in Sicilia, era nata nel 1874 e contava, all'epoca della fioritura, 18 anni.

che va in modo particolare rilevato nelle piante di cui ci occupiamo, è lo strettissimo rapporto che esiste tra questo fenomeno e il modo di accrescimento dello stipite.

Il caso dello stipite della *Washingtonia filifera* può senza dubbio estendersi, come si è detto, a quello dei fusti di molte altre specie dello stesso tipo, come risulta anche da osservazioni affatto elementari.

Aumentando dunque, con l'età, il diametro dello stipite, aumenta anche corrispondentemente quello delle zone delle inserzioni fogliari più periferiche, e cioè l'ampiezza

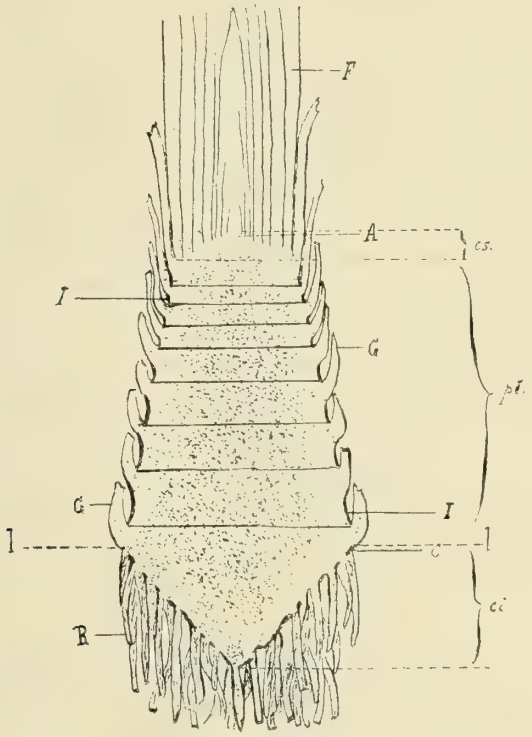


Fig. 2. — Spaccato longitudinale semischematico di una *Washingtonia filifera* Wendl. di 18-20 anni, mostrante lo sviluppo della porzione conica dello stipite (*pi*). interposta tra il cono superiore e quello inferiore. A partire dall'alto, gl'internodii (*I*) sono via via più lunghi. *F*, foglie attive presenti nel germoglio. — Le altre lettere come nella fig. 1.

delle guaine fogliari e le lamine delle foglie stesse. Ma non è lo stipite già esistente che s'ingrossa, poichè altrimenti le inserzioni fogliari non potrebbero conservare la loro forma anulare, e le guaine fogliari si straccerebbero nel *locus minoris resistentiae*, cioè nella parte opposta a quella donde si distacca il robusto picciuolo; si accrescono bensì i tessuti sottostanti alle inserzioni fogliari e quelli delle guaine fogliari stesse (vedi fig. 1, N), occupando così un'area circolare maggiore: e ciò in conformità del principio dianzi esposto e confermato dalla osservazione, che ciascuna foglia cioè, nella sua evoluzione dallo stato giovanile a quello adulto dello stipite, è destinata a raggiungere dimensioni sempre più grandi in confronto alle foglie precedenti, corrispondenti ad un periodo anteriore di evoluzione della pianta stessa.

Segue come corollario immediato che *la dimensione diametrale di uno stipite di Palma, in un dato momento della sua vita, dipende essenzialmente dalle dimensioni delle foglie presenti nella pianta in quello stesso momento.* Poichè inoltre lo sviluppo via via maggiore, di cui sono suscettive le basi fogliari non altrimenti che le foglie stesse mano mano che si producono, importa una estensione della superficie del cono superiore dello stipite, in questa troverà posto manifestamente un numero maggiore di foglie. Epperò il numero delle foglie attive presenti in uno stadio adulto della vita della Palma è, come si è già rilevato, superiore a quello che si trova in uno stadio più giovane. Si può anche dire che le foglie destinate a diventare più grandi hanno, per questa loro stessa qualità, una maggiore durata, e persistono quindi in piena attività nel tempo che altre se ne svolgono.

Il fatto che la porzione superiore dello stipite che porta sulla sua superficie le foglie è un cono esageratamente schiacciato, riveste una grande importanza poichè dimostra che una delle cause della costituzione del diametro definitivo risiede appunto, come rileva anche il Baccarini, nella particolare « orientazione » che in virtù della sempre crescente dilatazione delle basi fogliari vengono ad assumere i tessuti generati del cono di vegetazione. Questi tessuti, ossia le foglie primordiali (fig. 1, 1) a basi completamente circolari, si dispongono gli uni sopra gli altri lungo una direzione verticale; però, siccome i preesistenti (2, 3, 4 ...) allargano gradatamente la loro zona basale, procedendo per circoli concentrici in piani orizzontali, i nuovi tessuti non giungono a sovrapporsi esattamente ai primi. In tal guisa viene a determinarsi, nell'insieme, la regione terminale conico-schiacciata che regge le foglie la cui superficie, quando venga messa allo scoperto recidendo queste ultime, prende un aspetto a gradinate concentriche risalienti verso il vertice, ed al tempo stesso impicciolendo gradatamente.

Naturalmente, per questo stesso modo di disporsi delle foglie, lo stipite cresce in altezza; quanto all'accrescimento in diametro, esso evidentemente dipende dagli stessi processi incrementali che avvengono in ciascuna foglia, i quali non sono certo differenti, nella parte basale, da quelli che si effettuano nella parte laminare e picciolare. Essi consistono, come è noto, dapprima in una segmentazione del parenchima, e poscia in una dilatazione del volume degli elementi istologici definitivamente costituiti.

La storia, quindi, dell'accrescimento diametrale dello stipite non è che la storia dello sviluppo di ciascuna foglia.

Alla primissima foglia germinale, cui corrisponde inferiormente il primo nucleo dello stipite (fig. 1, P), segue una foglia destinata a svilupparsi maggiormente, la cui base circolare quindi copre e sposta in giù il preesistente nucleo caulinare; a questa ne segue un'altra, destinata a svilupparsi più che la precedente, e che quindi copre e sposta in giù con la sua base il gruppo caulinare formato dalle precedenti foglie: e così avviene per tutte le successive. Si forma in tal modo il cono inferiore dello stipite, affondato in terra in posizione capovolta; contemporaneamente, per questo stesso meccanismo di sviluppo di ciascuna base fogliare, si costituisce, come si è già detto, il cono superiore dello stipite. Infatti ciascuna foglia, estendendo gradatamente la sua zona basale di contatto con lo stipite, lascia libero lo spazio che prima oc-

cupava, ed in questo spazio viene tosto a collocarsi una nuova foglia, prima ancora che la precedente abbia compiuto il suo ciclo di sviluppo; sviluppandosi al tempo stesso quest'altra foglia, essa lascia il posto ad una successiva, e così via di seguito. In uno stipite giovane troviamo in atto tutti questi stadii che mostrano appunto l'evoluzione di una bozza fogliare primitiva (A), passando per la fase di foglia in germoglio (1), per quella di foglia in piena attività (3, 4,...), per lo stato di guaina secca superiormente (G) ma ancora attaccata allo stipite, fino a quello di una semplice cicatrice (C) ricoperta dalle radici.

Allorchè la pianta giunge all'età nella quale le foglie assumono le massime dimensioni, nè più le sorpassano, comincia il secondo periodo della vita della Palma, nel quale, come si disse, cessa l'incremento diametrale dello stipite.

Considerato il meccanismo, da noi descritto, col quale si costituisce lo stipite nel periodo giovanile della pianta, ed applicando il principio or ora accennato, cioè delle dimensioni massime costanti cui le foglie giungono nell'età adulta, la ragione di cotesto arresto dello sviluppo diametrale risulta oramai evidente. Infatti, poichè da una certa epoca in poi le basi fogliari, come tutte le altre parti delle foglie stesse, raggiungono dimensioni massime, che rimangono in seguito costanti, le basi fogliari stesse verranno a sovrapporsi « esattamente » l'una sopra l'altra, lungo sempre una direzione verticale; in conseguenza deriva uno stipite di forma cilindrica nella regione interposta tra la base del cono superiore e quella del cono inferiore (fig. 3, *pc*). Codesta regione è destinata, nel corso degli anni, a crescere di estensione a segno da prevalere considerevolmente tanto su quella rappresentata dal cono inferiore che resta sopraffatto e nascosto dalle fitte radici avventizie, quanto sulla parte immediatamente superiore, leggermente conica (*pi*), occupata da guaine fogliari (G) ancora attaccate allo stipite e che termina in alto con la superficie (*cs*) reggente le foglie (F), ossia il cono superiore del periodo giovanile. La parte più cospicua nella fisionomia dello stipite della maggior parte delle Palme, si deve appunto allo sviluppo di siffatta porzione cilindrica, che bene spesso raggiunge altezze e diametri non indifferenti.

Esaminando infatti una pianta di *Washingtonia filifera* Wendl. di oltre 20 anni d'età (fig. 3), si rileva anzitutto che le foglie adulte (F) ed in piena attività raggiungono dimensioni eguali a quelle che formano la chioma dei più vecchi esemplari; il loro numero però non oltrepassa una media determinata caratteristica per ciascuna specie in rapporto alle condizioni di clima dei varii paesi.

Segue ad esse, inferiormente, un gran numero di guaine (G) appartenenti alle più vecchie foglie, già dilacerate e secche; più in basso esse scompaiono completamente, e, fino alla base, non si ha che un tratto di stipite cilindrico, di diametro determinato (*pc.*).

Spogliato accuratamente tale esemplare di tutte le foglie attive e di tutte le vecchie guaine fogliari, ed estratto dal suolo, si può rilevare che la parte cilindrica si continua senza interruzione nel tratto coperto dalle più vecchie guaine fogliari, le quali sono addirittura staccate dallo stipite e si mantengono a posto perchè fittamente avviluppate fra di loro. Là dove però le guaine fogliari, comunque già secche, stanno ancora attaccate allo stipite per mezzo di tessuti freschi, ivi comincia una

porzione di stipite leggermente conica (*pi*), la quale va a finire, quasi bruscamente, nella superficie conica molto accorciata dell'estremità che porta le aree anulari concentriche delle inserzioni delle foglie attive.

Il diametro dell'anello più esterno d'inserzione fogliare, quello cioè che si trova all'orlo periferico della superficie conica terminale, non corrisponde quindi a quello

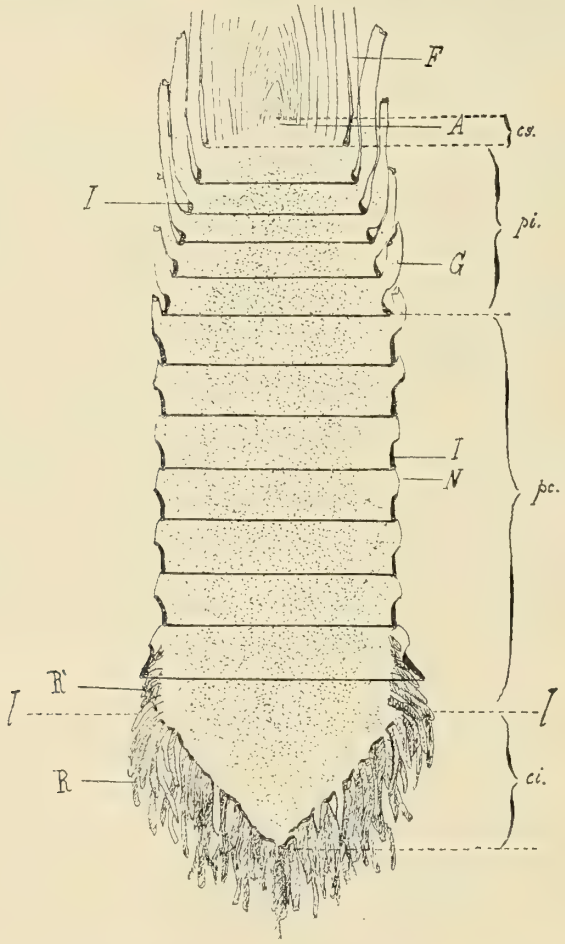


Fig. 3. — Spaccato longitudinale mediano semischematico di una *Washingtonia filifera* Wendl. di oltre 20 anni d'età, mostrante lo sviluppo dello stipite cilindrico (*pc*). per sovrapposizione di successivi articoli, risultanti ciascuno di un nodo (*N*) e di un'internodio (*I*). Le altre lettere come nelle figure precedenti.

della porzione cilindrica, il quale viene raggiunto alquanto più in basso, dopo cioè il tratto di stipite coperto dalle guaine fogliari ad esso aderenti per la base. Il che prova che l'attività incrementale nei tessuti sottostanti alla inserzione delle dette guaine fogliari persiste lentamente per lungo tempo dopo il disseccamento e la caduta delle corrispondenti lamine; a ciò si deve la costituzione del tratto leggermente conico dello stipite, posto immediatamente al di sotto della superficie terminale reg-

gente le foglie. Come risultato di tale lenta attività persistente si ha la formazione, al di sotto di ciascuna inserzione fogliare, degli internodii (I) che, piccoli dapprima, diventano a poco a poco più lunghi fino a raggiungere la lunghezza caratteristica specifica che mantengono costante nel tratto cilindrico dello stipite, dove ogni attività incrementale si spegne del tutto.

Il cono inferiore (*ci*), completamente affondato nel terreno, è letteralmente coperto di radici (R) su tutta la sua superficie, mentre sempre nuove ne spuntano dalle regioni più vicine alla base (R'). Nell'insieme costituiscono un fittissimo viluppo in cui i singoli assi radicali vengono considerevolmente deformati dalla mutua compressione.

Il diametro che si riscontra in tutta la porzione di stipite posta al di sotto del tratto leggermente conico superiore, e che arriva fino al livello del suolo (*l-l*), è dunque la massima dimensione cui la pianta giunge in virtù della sua organizzazione specifica e del suo speciale modo di crescere. È appena necessario però dire che il valore di questa dimensione va preso su esemplari crescenti in piena terra, nelle migliori condizioni di esposizione e di terreno. Nessun dubbio infatti evvi che esso possa variare col mutare delle condizioni di vita dei soggetti, come anche a seconda del clima, dello stato di vegetazione, di cultura, ecc. Le condizioni sfavorevoli influiscono sull'organismo vegetale nel senso di ridurre lo sviluppo degli organi, epperò quello della pianta intera, come provano i comunissimi fenomeni di nanismo in piante che nell'optimum delle condizioni di vita o nei loro paesi d'origine si presentano normali. Lo stesso fenomeno offrono taluni esemplari di *Washingtonia filifera* costretti a vivere in vasi, che, per quanto ampii, sono sempre troppo angusti per la potenzialità di sviluppo di cui sono capaci; essi si adattano tuttavia e possono durare per anni ed anni e raggiungere anche l'età dei più grossi esemplari di piena terra, ma non arrivano che a dimensioni molto esigue, quanto comporta l'ambiente, nè d'altra parte fioriscono e fruttificano mai.

Tutto ciò, mentre dimostra sempre più la grande plasticità del corpo vegetale, non pone alcun ostacolo al concetto di una *dimensione diametrale specifica* la quale si potrà invero sempre fissare *per particolari condizioni biologiche determinate.*

Nel caso degli individui di *Washingtonia filifera* Wendl. crescenti in piena terra sotto il clima di Palermo si può dire che essi abbiano trovato le medesime condizioni naturali dei paesi d'origine (California, Messico, ecc.), come si può desumere dalla rapidità dello sviluppo e dall'aspetto veramente rigoglioso che presentano tutti gli esemplari coltivati nei varii giardini della città [1]. Crediamo perciò di non andare errati se indichiamo la cifra del diametro massimo dello stipite di questa specie, vegetante sotto il nostro clima, come « *dimensione specifica* » cui essa giunge in forza della sua organizzazione e del suo modo di crescere. La quale cifra importa circa cm. 75, come ci risulta da misure prese su numerosi esemplari pervenuti al maximum dello sviluppo, e come ci viene anche confermato da altri dati su esemplari crescenti anche fuori di Sicilia e particolarmente in Tunisia [2].

[1] Vedi anche V. Ostinelli, op. cit.

[2] Vedi, ad. es.: *Washingtonia filifera,* in Bulletin de la Société d'Orticulture de Tunisie, Mars 1912, n. 56.

Analoghe osservazioni e misure fatte su altre specie di Palme crescenti a piena aria sotto il clima di Palermo, ci permettono di stabilire anche per queste le *dimensioni diametrali specifiche* dei relativi stipiti nelle seguenti cifre, le quali rappresentano le medie di numerose accurate misure:

Arcontophoenix Cunningamii Wendl.	cm. 20
Chamaedorea elatior Mart.	» 2
Chamaerops humilis L.	» 19
Cocos flexuosa Mart.	» 32
» *Romanzoffiana* Cham.	» 25
Livistona australis Mart.	» 35
Phoenix dactylifera L.	» 50
» *canariensis* Hort.	» 70
» *reclinata* Jacq.	» 20
Sabal princeps Hort.	» 40
» *Blackburniana* Claz.	» 30
» *Palmetto* Lood.	» 33

Stabilitasi dunque la dimensione del diametro specifico, lo stipite continua a crescere nel senso dell'altezza. Ma allora interviene alla sua base un'altra forma di accrescimento, che ha per risultato un ampliamento e rafforzamento della superficie di contatto col suolo dello stipite. Questo processo sta mirabilmente in correlazione col lento incremento in altezza dello stipite stesso. È chiaro infatti che un organo cilindrico, destinato a sopportare il notevole peso dell'ampia chioma e che rimane fisso al suolo per mezzo della sua parte conica inferiore costituita per sè stessa da un materiale vecchio e sempre più in via di disgregazione, richiede disposizioni atte ad assicurargli le più idonee condizioni di equilibrio, specialmente di fronte alle azioni meccaniche dell'ambiente. Il continuo sollevarsi della chioma rende vieppiù necessarie tali disposizioni; ed infatti il maggiore consolidamento della base segue di pari passo l'allungamento stesso dello stipite. Epperò la base non conserva lo stesso diametro del rimanente dello stipite cilindrico, ma si accresce ulteriormente per mezzo di numerose radici avventizie (fig. 3, R'), che da questa fase dello sviluppo in poi cominciano ad apparire perifericamente in regioni sempre più distanti dal suolo, di guisa che, aggiungendosi nuovi assi radicali ai preesistenti, deriva un nuovo reale accrescimento del diametro trasversale, nella regione basale dello stipite. Questo nuovo accrescimento, determinato, come si è detto, da necessità meccaniche, corrisponde a ciò che il Mohl indicò come accrescimento *apparente*; e, benchè tale parola non sia perfettamente appropriata a rappresentare la realtà dei fatti, pure riteniamo utile conservarla per contraddistinguere la natura differente di siffatto modo di accrescimento della base degli stipiti.

A proposito della emissione di radici avventizie da parte dello stipite nella sua regione inferiore prossima al suolo, va ricordato che trattasi di un fenomeno molto frequente nelle Palme.

Secondo alcuni Autori, tali organi starebbero in relazione con la funzione della respirazione, e vengono perciò assimilati alle radici a palafitte e simili formazioni

proprie dei *Taxodium*, delle *Mangrovie*, ecc. In verità, secondo la nostra opinione, se questa od altra funzione nutritizia possono esse assumere, specialmente allo stato giovanile (1), resta sempre prevalente l'ufficio meccanico ad esse affidato, come mezzo di rinsaldamento della base di sostegno dello stipite. Basta all'uopo considerare l'enorme sviluppo e peso che assume tutto l'insieme degli organi aerei nell'individuo di una *Phoenix*, di un *Cocos*, di una *Corypha*, ecc., in confronto alla relativa gracilità dello stipite.

Nella *Phoenix dactylifera*, *canariensis* e *silvestris*, la formazione di siffatta base, di sostegno s'inizia a fior di terra verso l'età di 15-20 anni e continua mano mano verso l'alto, sino a raggiungere la notevole distanza di un metro e mezzo dal suolo, come si osserva in esemplari di oltre un secolo di vita. Si forma così una solida base dello spessore di più che un metro e talvolta perfino di due metri, come nelle *Ph. canariensis*. L'insieme risulta di numerosissime radici solide, corte, semplici o poco ramificate, dirette orizzontalmente o in alto e riunite in un viluppo densissimo.

A quanto sembra, non evvi possibilità che i centri formativi di dette radici si trovino a distanze superiori di quelle indicate; e ciò, che del resto è stato sperimentalmente verificato da Buscalioni e Lo Priore (2), starebbe in armonia con le massime altezze cui può giungere lo stipite di una *Phoenix*. Gli esemplari più giganteschi indicati dagli Autori non oltrepassano i 30 metri, ed in tali casi la base di sostegno si eleva per circa due metri dal suolo, come risulta dalla osservazione di individui di *Phoenix* coltivati nelle regioni del Nord-Affrica.

Riferendoci ancora allo stesso argomento, dobbiamo pure ricordare che presso altre specie di Palme la formazione di una base di sostegno non si effettua per mezzo di radici avventizie, ma per opera dello stipite stesso, il quale nella sua regione inferiore, in prossimità del suolo, si dilata alquanto e costituisce una massa più o meno pronunziatamente bulbiforme. Talora però siffatto ingrossamento si verifica nel mezzo dello stipite o addirittura nelle regioni più alte, conducendo ad un vero polimorfismo tra i varii individui di una stessa specie. Il Barbosa-Rodriguez, a proposito delle forme di *Cocos Romanzoffiana* Cham. (3), fa rilevare che il clima, la natura del suolo, l'altitudine ecc. contribuiscono a produrre siffatto polimorfismo: e nella tav. IV rappresenta varie forme di stipiti, fra cui talune veramente singolari per ingrossamenti della base napiformi, altri ingrossati al centro a mo' di fuso, altri infine rigonfiati in alto a mo' di barile. In questi casi la funzione di sostegno dello stipite è affidata a radici completamente sotterranee, molto allungate, prodotte nella parte inferiore più vecchia dello stipite stesso, avente, come si disse, la forma di un breve cono rovesciato, così come normalmente accade nei tronchi delle Dicotiledoni. Presso tali specie il sistema delle radici sotterranee assume uno sviluppo considerevole, in armonia allo sviluppo stesso della chioma e dello stipite; morfologicamente però il tipo del sistema radicale, in complesso, non differisce da quello degli alberi dicotiledoni, e si può dire che l'effetto che presso le specie di *Phoenix*, di *Washingtonia* ecc.

(1) Vedi anche: Buscalioni e Lo Priore, *Il pleroma tubuloso, l'endodermide midollare*, ecc., negli Atti dell'Acc. Gioenia di Sc. Nat., Catania, serie 5ª, vol. III, 1909, pag. 4 dell'estratto.

(2) Op cit., pag. 26.

(3) *Palmae Mattogrossenses*, Rio de Janeiro, 1898.

si ottiene mediante l'enorme massa di radici aeree, costituenti la base di sostegno degli stipiti, qui si raggiunge col considerevole sviluppo del sistema radicale completamente sotterraneo. A questo tipo appartengono le specie di *Oreodoxa*, di *Cocos*, di *Trachicarpus*, di *Brahea*, di *Sabal*, ecc.

Come caso intermedio tra gli stipiti a basi ingrossate per opera di radici avventizie e quelli a basi ingrossate bulbiformi per mezzo dello stipite stesso, si ha un gruppo di Palme, cui appartengono ad es. le *Corypha*, le *Livistona*, le *Howeae* ecc., nel quale, ad una formazione bulbiforme basale si aggiunge, quasi come sussidiaria nella funzione di sostegno, una corona di radici che oltrepassa di poco il livello del suolo; le quali radici, a differenza di quelle delle *Phoenix*, delle *Washingtonie* ecc., si allungano notevolmente, senza però assumere lo sviluppo che hanno quelle delle Palme sprovviste di ingrossamento basale, e si attaccano agli strati superficiali del terreno. In tali casi l'aumento di volume della base dello stipite è dovuto in parte alla massa del parenchima, il quale si accresce in seguito a segmentazione dei relativi elementi, come è stato constatato dallo Zodda per le *Livistona* e da noi stessi nelle *Howea Forsteriana*, in parte alla detta formazione radicale.

Tutti i fenomeni di cui noi abbiamo fin qui dato la spiegazione fondandoci sul meccanismo della costituzione dello stipite, e cioè l'arresto dell'incremento diametrale nella porzione cilindrica di questo e il successivo incremento della base, sono stati da noi direttamente osservati nella *Washingtonia filifera* Wendl., con la scorta delle misure istituite da 18 anni a questa parte, delle quali abbiamo già fatto altrove cenno.

Queste misure, senza dubbio, costituiscono dei dati preziosissimi, perchè esse ci permettono di confermare con la prova diretta il principio da noi esposto, che, cioè, *tutti i fenomeni d'incremento dello stipite dipendono essenzialmente da quelli dello sviluppo delle foglie*; e ciò in un primo periodo dello svolgimento dell'individuo. Reciprocamente questo principio rilevasi il solo possibile per dare la dovuta ragione dell'arresto dello sviluppo diametrale, che le misure mostrano; poichè è chiaro che la ipotesi del De Bary e di tutti gli altri Autori che la confermarono, quella cioè dell'aumento in volume dei singoli costituenti istologici primarii è insufficiente da sola a dar ragione di tutto questo complesso di fenomeni.

Le misure di cui si parla riguardano, come si disse, le circonferenze di due esemplari di *Washingtonia filifera* Wendl. vegetanti rigogliosamente fin dal 1876 (anno in cui furono introdotti nel Giardino Botanico di Palermo). Furono prese alla stessa epoca di ogni anno, a tre differenti altezze dal suolo: e cioè a m. 0,50, a m. 1,50 ed a m. 2,50.

Attualmente i due esemplari misurano, fino alla base della chioma, l'altezza di m. 9,30 l'uno e m. 9,45 l'altro; ma è appena da avvertire che tali valori sono notevolmente differenti da quelli dell'altezza dello stipite propriamente detto, il cui cono di vegetazione trovasi a circa 2/3 dal suolo dell'altezza complessiva. Questa dunque per 1/3 circa è dovuta al grande sviluppo in lunghezza delle guaine fogliari che si sollevano verticalmente per lungo tratto dalla sommità dello stipite, abbracciandosi vicendevolmente. Naturalmente questo rapporto varia secondo le diverse specie di Palme.

Le guaine fogliari disseccate negli individui della specie da noi studiata giungono attualmente fino a circa 5 m. dal suolo e vi persistono sorreggendosi a vicenda, ma facilmente si distaccano perchè non hanno ormai più alcuna aderenza con lo stipite. Invece, alquanto più in su dei 5 m. esse, per quanto appariscano disseccate superiormente, restano tutt'ora attaccate allo stipite per mezzo di tessuti vivi. Al di là di questa regione, fino a 6 m. e mezzo circa, s'inizia la porzione conica dello stipite la quale però non risalta distinta dall'esterno a causa delle guaine fogliari che si inseriscono sulla sua superficie e la rivestono in alto completamente. Per questo fatto sembra che la forma cilindrica dello stipite si continui fino alla base della chioma.

Dedotti dalle cifre che rappresentano le circonferenze i rispettivi diametri, esponiamo senz'altro questi ultimi nelle tabelle che seguono:

Diametri del primo esemplare.

Anni	a m. 0,50	a m. 1,50	a m. 2.50
1894	0,45	0,36	0,32
1895	0,53	0,39	0,37
1896	0,61	0,43	0,40
1897	0,69	0,48	0,44
1898	0,76	0,51	0,50
1899	0,81	0,60	0,54
1900	0,86	0,63	0,57
1901	0,90	0,68	0,62
1902	0,93	0,72	0,64
1903	0,95	0,76	0,68
1904	0,97	0,76	0,70
1905	0,98	0,77	0,72
1906	0,99	0,78	0,75
1907	1,00	0,79	0,76
1908	1,01	0,80	0,76
1909	1,01	0,80	0,76
1910	1,02	0,81	0,76
1911	1,03	0,82	0,76
1912	1,03	0,82	0,76

Diametri del secondo esemplare.

Anni	a m. 0,50	a m. 1,50	a m. 2,50
1894	0,50	0,43	0,38
1895	0,58	0,49	0,42
1896	0,66	0,55	0,43
1897	0,72	0,61	0,46
1898	0,77	0,66	0,48
1899	0,82	0,71	0,51
1900	0,87	0,75	0,55
1901	0,93	0,77	0,60
1902	0,97	0,77	0,64
1903	0,99	0,77	0,67
1904	1,01	0,79	0,72
1905	1,02	0,80	0,74
1906	1,03	0,81	0,76
1907	1,03	0,82	0,77
1908	1,04	0,83	0,77
1909	1,04	0,84	0,77
1910	1,05	0,85	0,77
1911	1,06	0,86	0,77
1912	1,07	0,86	0,77

Esaminando le suddette cifre si rileva anzitutto che da ben 6 anni a questa parte l'incremento diametrale si è in entrambi gli esemplari rigorosamente arrestato all'altezza di m. 2,50; lo stesso diametro di m. 0,76 e m. 0,77 si riscontra oggidì anche al di là di questa altezza, oltre il punto ove arrivano le guaine fogliari secche, e precisamente fin dove cominciano quelle ancora attaccate con la loro base allo stipite. L'arresto dell'incremento diametrale, notato per la prima volta nel 1908, ci parve allora quasi inesplicabile o dovuto forse a qualche errore; ma oggidì, verificato il fatto per ben 6 anni, non ci resta più alcun dubbio sulla realtà del feno-

meno, il quale, come abbiamo visto nelle pagine precedenti, trova piena spiegazione nel modo come si costituiscono gli stipiti delle Palme, secondo le nostre osservazioni.

Le cifre di m. 0,76 e m. 0,77 rappresentano molto probabilmente dei massimi del valore specifico, attese le eccellenti condizioni di vegetazione di cui godono i nostri due esemplari. Si può tuttavia ritenere che la media del valore del diametro specifico, sotto il clima di Sicilia, tanto affine a quello dei paesi d'origine di questa Palma, oscilli intorno ai m. 0,75, come già abbiamo detto altrove.

Questo valore cominciò a riscontrarsi nell'anno 1908 alla base degli stipiti dei due esemplari di cui è parola, cioè dopo 23 anni dalla loro piantagione. A tanto dunque importa la durata del primo periodo dello sviluppo di questa specie; e nello stesso anno 1908 uno degli esemplari fioriva per la prima volta. L'anno successivo entrava in fioritura anche l'altro, come fanno fede i relativi documenti che si conservano nel Museo del R. Orto Botanico di Palermo.

Da quell'epoca in poi apparisce evidente il cambiamento di regime che subentrò nell'accrescimento della base, giacchè alla dilatazione lenta, dovuta alla lunga persistenza dell'attività delle ultime basi fogliari, si sostituì, in modo ancor più lento, quella dovuta alla produzione delle radici avventizie.

Siffatta lentezza è andata sempre più accentuandosi sino a dar luogo, in un anno, a un accrescimento diametrale del valore di 1 cm.; in certi anni, anzi, tale accrescimento è stato addirittura nullo (1).

La stessa variazione si nota nell'incremento diametrale rilevato a m. 1,50 dal suolo, alla quale altezza la dimensione di m. 0,76 fu raggiunta circa 3 anni dopo che la stessa cifra era stata raggiunta a m. 0,50. Dopo essere rimasta stazionaria per altri due o tre anni, riprese anch'essa, a quell'altezza, ad aumentare lentissimamente.

È facile comprendere che siffatta estrema lentezza deriva dal fatto stesso che le radici avventizie, nascendo in regioni sempre più distanti dal suolo, non possono addossarsi alle preesistenti e quindi determinare un incremento della base se non dopo avere raggiunto una certa lunghezza. Questa, per altro, non è mai considerevole, perchè, come uno di noi (Catalano) mostrò, i relativi apici vanno normalmente soggetti a necròsi cui segue addirittura la caduta (2). Si ha perciò, come risultato, che queste radici non giungono mai a guadagnare il suolo e si mostrano inoltre assolutamente inette alla funzione assorbente, come si può dedurre dallo stato di completa lignificazione in cui trovansi e dalla presenza di un compatto periderma che le riveste.

Attualmente la regione da cui si originano nuove radici trovasi nei citati esemplari a circa m. 1,70 dal suolo. Soltanto a breve distanza da questo però le radici sono allo scoperto a causa della degenerazione e della caduta della corteccia esterna

(1) È appena da avvertire che le cifre dianzi esposte sono soltanto approssimative, sia per le difficoltà inerenti alla misurazione stessa della circonferenza, sia per il successivo computo dei diametri che esse appunto rappresentano. Una differenza inferiore al centimetro nel valore del diametro riesce quindi pressochè indeterminabile.

(2) *Morfologia interna delle radici di alcune Palme e Pandanacee*, in Annali di Botanica, Vol. X, fasc. 2°, 1912.

dello stipite in quella regione. Teoricamente è da ritenere che lo spostamento del focolare rizogeno verso l'alto e quindi il lentissimo incremento della base sia indefinito, così che anche le regioni al di là di m. 2, le quali in questo momento presentano la dimensione diametrale specifica, debbano anch'esse in seguito andar soggette ad un incremento analogo a quello avveratosi nelle regioni inferiori.

Ma che le radici avventizie in certe specie di Palme, a differenza di quanto accade nella *Phoenix dactylifera*, possano nascere perfino in vicinanza della stessa chioma, resta dimostrato dagli esemplari dell'altro tipo di stipite, che ora descriveremo. Va ricordato a questo proposito il caso descritto dal sig. Ch. Rivière [1], di un esemplare di *Washingtonia filifera* coltivato a Tunisi con uno stipite alto in tutto m. 9,30, quanto dunque i nostri esemplari, il quale presentava un denso sviluppo di corte radici avventizie fin da m. 1,80 dal suolo, caso che dall'Autore veniva ascritto ad una anomalia dovuta a speciali condizioni dell'ambiente. Ma, come si è dimostrato, trattasi di un fenomeno normale, caratteristico della specie; solo le condizioni di cultura avranno potuto provocare la distruzione della corteccia fino a quell'altezza, mettendo così a nudo le radici più giovani.

II.

Stipiti a sviluppo unilaterale, asimmetrico.

Sotto questa denominazione comprendiamo quei pochi casi di stipiti aventi la forma di un corpo rizomiforme articolato sporgente dal suolo in direzione più o meno obliqua. Tale singolare formazione trovasi per la prima volta descritta dal Martius nella *Sabal mexicana*.

Il Mohl, nel noto classico lavoro già citato [2], distingue cinque tipi generali di Palme, in riguardo alla forma dei loro stipiti: il tipo *canniforme*, il *calamiforme*, simile al primo, il *cilindrico*, il *cocoide* ed infine il tipo delle Palme *acauli*. Questo ultimo viene poi suddiviso in due sottotipi, nel primo dei quali egli comprende gli stipiti bulbiformi di *Geonoma acaulis*, *macrostachys*, *Astrocaryum acaule*, *campestre*, *Dyplotemium maritimum*, *campestre*, *litorale*, ecc.; nel secondo quelli abbastanza singolari delle specie di *Sabal* aventi appunto la forma di brevi rizomi striscianti o sporgenti dal terreno per la spinta dovuta alle radici, mentre l'apice circondato di foglie ampiamente guainanti si solleva verticalmente da terra. Sfortunatamente, non avendo potuto l'Autore osservare alcun esemplare di questo gruppo di Palme, non dà di esso alcuna particolare illustrazione morfologica, come per i precedenti. Solo al Karsten dobbiamo alcuni interessanti ragguagli sul detto tipo di stipite in una particolare Memoria dal titolo: « Ueber die Bewurzelung der Pal-

[1] *Washingtonia filifera*, nel Bull. de la Société d'Horticulture de Tunisie, già citato.
[2] Pagg. 130-131.

men », inserita nella Linnaea del 1856 (1). Anche più tardi se ne leggono brevi accenni in un altro scritto dello stesso Autore, i quali, per quanto superficiali, contengono interessanti indicazioni intorno allo sviluppo di siffatte forme di stipiti, nella *Klopstckia cerifera* e nella *Sabal minor* (*S. Adansonii* (2).

La singolare conformazione dello stipite di questa specie farebbe a prima giunta quasi credere che si tratti di una bizzarra anomalia di sviluppo se la generalità del fenomeno e la sua costanza in tutti gli esemplari della stessa specie riprodotti da semi da molti anni non provassero che esso è perfettamente normale e caratteristico anche ad altre specie di Palme. In realtà il caso non si allontana che appena per la forma esteriore dal tipo comune e, come vedremo, il modo di origine è identico, nelle linee fondamentali, al precedente; le differenze essenzialmente dipendono dalle proporzioni dello sviluppo che assumono le parti da cui trae origine quel corpo, ma la considerazione acquista una particolare importanza come documento più che mai istruttivo dei processi formativi che presiedono alla costituzione dello stipite in generale.

Per procedere con ordine, dobbiamo distinguere, in un individuo perfetto di *Sabal Adansonii* Guern. due parti: l'una è rappresentata dal corpo rizomiforme, di cui sopra: l'altra dal germoglio composto dalle caratteristiche foglie ed emergente dal suolo alla maniera delle forme di Palme acauli (vedi Tav. II, 14, 15). Le due parti stanno collocate l'una accanto all'altra un po' divergenti tra loro e più particolarmente, mentre il germoglio tende a conservare costantemente la sua posizione verticale, elevandosi sempre dritto dal suolo, l'altro assume invece una posizione obliqua con un angolo, rispetto alla verticale, che può raggiungere al massimo i 45° ma che si riduce spesso a un *minimum* di pochi gradi, in modo cioè da prendere una posizione quasi parallela all'asse del germoglio.

In esemplari abbastanza vecchi della età presunta di una cinquantina d'anni le due su dette parti mantengono inalterata la detta caratteristica posizione reciproca. Le foglie, sempre presenti e regolarmente sviluppate in individui siffatti, sono 10-12. Il picciuolo si dilata alla base e dà luogo alla formazione di una guaina completamente chiusa, piuttosto stretta, che persiste per qualche tempo anche nelle foglie disseccate.

Interessante è la considerazione del corpo rizomiforme. Esso non manca mai in tutti gli stadii di svolgimento della pianta e la sua formazione s'inizia a partire dalle prime fasi germinative, quando ancora la lamina fogliare si mantiene ancora stretta ed indivisa (tav. I, 5, 6). Esso assume di buon'ora la forma di un cono più o meno schiacciato dal lato che guarda il germoglio. La sua sezione trasversale è un circolo depresso o piuttosto concavo dal detto lato. Nel corso dello sviluppo la base sempre più si allarga e può anche raggiungere a età avanzata una dimensione di 10 cm., mentre a grado a grado esso si restringe in alto ed ivi termina in punta. In tutto il percorso apparisce distintamente articolato e le articolazioni naturalmente

(1) Pag. 601.

(2) *Die Vegetationsorgane der Palmen*, nei Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen, vol. I, Berlin, 1865. Questa Memoria era stata pubblicata prima negli Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaft del 1846 e poi fu riprodotta nei citati Beiträge.

scemano di ampiezza e di estensione procedendo verso l'alto. I limiti fra le articolazioni si rendono evidenti per la particolare conformazione loro, poichè rappresentano le aree di inserzione delle vecchie guaine fogliari, le quali prendono il carattere di cicatrici abbraccianti ininterrottamente tutto il contorno dell'organo. In tutto il resto ogni articolo presenta una superficie piuttosto liscia e di colore grigiastro dovuto alla formazione di un sottile strato peridermico continuo. Sulla superficie delle cicatrici affiorano i fasci in sezione manifestamente obliqua.

Atttentamente esaminate, le articolazioni di cui è parola rappresentano una successione di unità morfologiche manifestamente provenienti da particolare svolgimento delle basi fogliari, come ora spiegheremo, disposti in ordine di età a mano a mano più avanzata, progredendo dalla base verso l'alto, di modo che l'estremo articolo apicale corrisponde alla prima foglia dell'individuo, come il penultimo alla seconda, e così via di seguito. Il progressivo aumento in larghezza e lunghezza che presentano gli articoli procedendo verso la base conferma il fatto, già rilevato, a proposito dello sviluppo dello stipite di tipo normale cilindrico, che cioè che lo spessore dello stipite è costantemente in correlazione col grado di sviluppo e quindi con l'età delle foglie. L'esame di esemplari molto avanzati in età ci mostra poi che, anche in quest'ultimo caso, il diametro dell'organo diviene costante e si conserva indefinitamente tale trascorso quel primo periodo di evoluzione, il quale possiamo bene opportunamente considerare come la espressione di uno stadio giovanile della pianta. Per questa ragione il numero e il grado di sviluppo delle foglie in individui che abbiano raggiunto il caratteristico stato perfetto, rimangono sempre costanti, a partire da una certa età.

Anche in perfetta armonia coi fatti osservati nella costituzione dello stipite di tipo cilindrico, la regione del corpo rizomiforme primitivamente costituitasi e rappresentata dagli articoli superiori, la quale corrisponde esattamente al cono inferiore già descritto nel detto caso precedente, dà luogo a produzione di radici avventizie. È degno però di nota che in questo caso la formazione di dette radici procede senza interruzione, a segno che spuntano perfino in quella regione dove le foglie ancora persistono, le cui guaine vengono quindi perforate od attraversate dai coni di vegetazione relativi. Essendo le parti più vecchie dell'organo le più distanti dal suolo, potendo raggiungere l'altezza di 60 cm., come in taluni vecchi esemplari, così in proporzione si allungano le radici che da quelle spuntano per affondarsi nel terreno e costituire un valido sistema di sostegno in armonia con le condizioni della stazione propria a questa specie [1].

Studiando lo svolgimento dell'organo rizomiforme e la sua struttura, si rileva che esso essenzialmente non differisce dalle altre forme comuni di stipiti, coi quali va senz'altro identificato. Però, a prima giunta, tale ravvicinamento sembra del tutto

[1] Dobbiamo ricordare che le specie di Palme nelle quali la formazione del descritto corpo rizomiforme sopraterraneo è stata riconosciuta come del tutto normale, sono per lo più abitatrici di luoghi paludosi, dove il terreno mobile o l'azione meccanica dell'acqua richiedono efficaci mezzi di sostegno per la pianta. Secondo noi, si tratta di disposizioni biologicamente identiche a quelle delle *Mangrovie*, dei *Taxodium* e simili, ove le radici assumono l'ufficio di organi di sostegno contro l'azione meccanica dell'acqua che tende a svellere e travolgere le piante che vi crescono nel fondo.

inverosimile, poichè difficile riesce il rendersi ragione di un organo di natura caulinare, il quale presenta le sue parti orientate così stranamente che le più vecchie stanno situate all'apice, e il cui accrescimento per conseguenza si compie progredendo verso la base.

Per spiegarci questa singolare apparente anomalia occorre per un momento ritornare alla considerazione dei casi di stipiti a sviluppo normale cilindrico. Fra questi non mancano dei casi di forme striscianti che si attaccano al terreno alla maniera dei veri rizomi per mezzo di radici avventizie che spuntano dalla superficie in contatto col substrato, così come si presentano le forme giovanili di *Ceroxilon* (*C. andicola* Humb.) e quelle adulte, definitive di *Zalacca edulis* Reinw. In altri casi il rizoma è addirittura sotterraneo, come p. es. nelle specie di *Chamaedorea*, di *Phytelephas* (*Ph. microcarpa* R. et P.), ecc.

Interessante è la considerazione dei casi in cui il rizoma si conserva semplice in tutta la sua massa, cioè i casi più comuni e caratteristici ai fusti delle Palme, ai quali va pure riferito quello dello stipite della *Sabal Adansonii* Guern. Un organo cilindrico di tal natura che cresca orizzontalmente sul terreno o negli strati superficiali di questo nelle condizioni normali, vale a dire mediante l'apice, conserverà sempre tale direzione fin tanto che l'accrescimento lungo i lati longitudinali si manterrà omogeneo ed uguale. L'organo conserverà inalterata la sua forma cilindrica e crescerà sempre nella medesima direzione primitiva, senza deviarne. Così, come sappiamo, si comportano tutti i rizomi. Ma se per caso l'accrescimento laterale per un tratto più o meno esteso diventa irregolare o disuguale seguiranno tosto delle alterazioni nella direzione originaria dell'organo. In particolare, se la faccia superiore dell'organo crescerà meno di quella opposta, esso, continuando a vegetare, si solleverà dal terreno girando ed assumendo posizioni più o meno oblique, corrispondenti alla intensità e al grado di continuità dell'accrescimento manifestatosi sul lato di cui è parola. Qualunque posizione possa del resto prendere il detto organo, se esso, come nel caso del rizoma semplice, possiede alla sua sommità una gemma foglifera, questa, svolgendosi, disporrà il suo asse in modo che le foglie possano convenientemente orientarsi alla luce. Epperò l'asse della gemma assumerà una posizione costantemente verticale, indipendente da quella del rizoma, se mai questo fosse stato influenzato nella sua direzione di accrescimento ed obbligato a modificare la primitiva direzione orizzontale.

Possiamo applicare queste considerazioni al caso di qualche Palma.

I giovani stipiti di *Brahea* cominciano con una serie di internodii di dimensioni sempre crescenti, in conformità al progressivo aumento in volume delle foglie a partire dalle primordiali; e viene in tal modo a costituirsi quella regione conformata a cono rovesciato che rimane ordinariamente sotto terra. Essa, anzichè prendere una posizione eretta, come nei casi comuni della *Washingtonia*, dei *Cocos*, delle *Chamaerops*, ecc., si dirige orizzontalmente, coricandosi sul terreno, emettendo radici solamente dalla faccia in contatto col substrato. S'inizia in tal guisa la formazione di un rizoma strisciante, il cui diametro aumenta insensibilmente a mano a mano che nuove foglie vengono prodotte. Infine lo stipite raggiunge il suo diametro normale specifico, fisso, che negli esemplari coltivati importa circa 12 cm. Allora comincia

a notarsi un cambiamento nella direzione dello stipite; esso tende a sollevarsi a poco a poco dal terreno, restando sempre a questo attaccato mediante robuste radici partenti dalla faccia inferiore. Siffatto cambiamento di direzione è senza dubbio dovuto a variazione di accrescimento verificatasi sulle due facce longitudinali; e precisamente può dirsi che il lato inferiore cresce di più di quello superiore, mentre l'angolo formato dall'asse del germoglio propriamente detto con quello dello stipite sdraiato si conserva inalterato. A questo proposito ricordiamo che nell'Engler u. Prantl (1), a pagina 4, trovasi rappresentata una forma acaule di *Ceroxilon* e, accanto a questa, una forma a fusto sviluppato dello stesso genere, distinte con due nomi specifici differenti

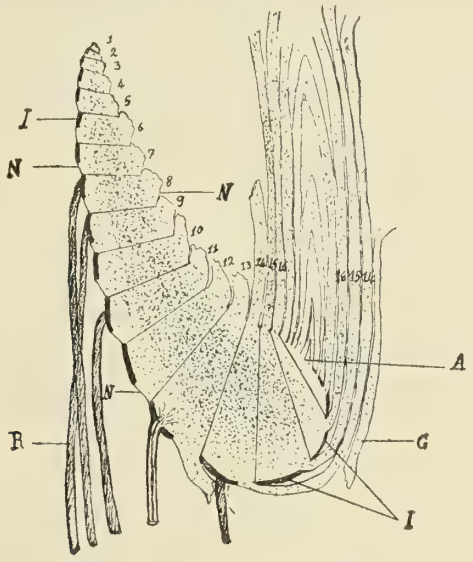


Fig. 4. — Sezione longitudinale semischematica passante per gli assi del rizoma e del germoglio di una *Sabal Adansonii* Guern. (Tipo ad accrescimento unilaterale, asimmetrico). I numeri 1, 2, 3, ... indicano gli articoli derivanti dalle basi delle vecchie foglie; i numeri 14, 15, 16, ... le foglie attive presenti nel germoglio. *N*, nodi; *I*, internodii — Le altre lettere come nelle figure precedenti.

(*andicola* Humb. e *ceriferum* Krs.). Nel testo è detto che, allorquando la rosetta fogliare della pianta acaule raggiunge la giusta grandezza, manifestandosi allora in tutto il pieno vigore e sviluppo come quelle delle Palme ad alto fusto, l'asse del rizoma si solleva verticalmente, si consolida da tutti i lati con radici e si inizia la formazione del fusto eretto.

E più sotto è detto anche che solamente nella *Elaeis melanococca* manca siffatto dimorfismo, sicchè la forma a rizoma persiste sempre e si può considerare come caratteristica di questa specie.

La considerazione del caso dello stipite della *Brahea* rende agevole l'interpretazione delle condizioni morfologiche dello stipite della *Sabal Adansonii* Guern.

(1) Die Natürlichen Pflanzenfamilien, ecc., II tomo, 3°. Abt., 1889.

Una serie di osservazioni istituite su materiale di differente età a partire dagli stadii germinativi ci permette anzitutto di stabilire il principio che presso questa specie di Palma le basi fogliari subiscono un incremento, in direzione basipeta, soltanto parziale ed unilaterale, in modo che si sviluppano degli internodii (fig. 4, I) solamente da un lato. Per conseguenza, la parte di inserzione di ciascuna foglia del detto lato apparisce spostata in basso rispetto a quella corrispondente alla stessa foglia del lato opposto: e, pertanto, sulle sezioni longitudinali, le linee che uniscono i punti d'inserzione della stessa foglia da un lato all'altro assumono una direzione obliqua e non quella orizzontale, come nel caso in cui la formazione dell'internodio è completa ed eguale in tutta la regione sottostante alla inserzione fogliare (fig. 4: foglie, 14, 15, 16, ecc.). Da ciò deriva che la sezione di ciascun articolo onde risulta costituito lo stipite rizomiforme della *Sabal Adansonii*, fatta naturalmente secondo il piano passante per l'asse dello stipite stesso e per quello del germoglio, ha la forma di un trapezio e non più quella di un rettangolo, come nel caso di articoli in forma regolarmente discoidale. Al lato più lungo del detto trapezio corrisponde la regione dove si sviluppa l'internodio dalla base fogliare, e la sua lunghezza è quindi dovuta al nodo e all'internodio stesso, mentre il lato più corto opposto rappresenta semplicemente lo spessore della inserzione fogliare stessa, ossia il nodo. Esaminando inoltre la superficie convessa esterna del rizoma, si rileva che ciascun articolo appare come messo dentro al precedente, così che è nettamente riconoscibile un lieve dislivello tra l'uno e l'altro. L'orlo di questo dislivello non è però perpendicolare all'asse dell'organo, ma è tagliato secondo un piano assai obliquo rispetto a quest'asse; e la superficie che ne risulta (N), di colore bruno ed alquanto rugosa per i fasci che vi sporgono, non è che la cicatrice dell'antica foglia, ossia il nodo. Nella regione sotterranea della pianta, dove rizoma e germoglio aereo entrano in rapporto, si osservano le guaine fogliari più vecchie ed esterne girare l'angolo formato dalle due parti e guadagnare le ultime cicatrici, dove tuttora trovansi inserite. In corrispondenza dell'angolo tali guaine sono però già fesse e stracciate (fig. 4, G).

Liberando la regione in parola da queste guaine, col reciderle lungo tutta la loro linea d'inserzione, si mettono allo scoperto altre guaine più giovani, le quali appartengono alle foglie attive presenti nel germoglio. La loro zona d'inserzione però più non è riconoscibile, se non perchè corrisponde al confine di una certa differenza di tinta fra il tratto di rizoma e la guaina fogliare; differenza che ben tosto però svanisce in foglie ancora più interne e giovani, così che è impossibile allora distinguere quale regione competa al rizoma, quale alla guaina fogliare. Da tutto ciò è da concludere che una differenza morfologica tra queste due ultime parti, in realtà, non esiste: e che invero, come dimostra la configurazione dianzi detta di ciascuna cicatrice fogliare o nodo, rispetto all'internodio, quest'ultimo va considerato, almeno per uno spessore verso l'interno eguale allo spessore della guaina fogliare, come la continuazione inferiore diretta di quest'ultima.

Come nel caso della *Brahea*, un lato solo del rizoma della *Sabal* emette radici, e precisamente quello esterno convesso, il solo, cioè, che abbia preso sviluppo internodale; le radici, come si è detto, nascono perfino nelle regioni più giovani sotterranee, vicine all'angolo, perforando le guaine fogliari che incontrano nella loro fuoriuscita.

Cominciando la costituzione del rizoma di *Sabal Adansonii* Guern. con la formazione di un articolo molto piccolo, in armonia, come si è detto, con le dimensioni della prima foglia, cioè del cotiledone (tav. I, 11, 12) e prendendo questo, per via dello sviluppo disuguale dei suoi lati una posizione obliqua rispetto a quello che segue, viene necessariamente a stabilirsi la direzione che assume in definitivo l'intero organo. Infatti, mentre una metà della regione circolare d'inserzione fogliare segue il lento movimento incrementale relativo alla formazione dell'internodio, la metà opposta della inserzione della stessa foglia resta ferma; e quindi deriva un piegamento dell'organo, che va costituendosi, per un angolo che può anche giungere ai 180°. Il risultato definitivo si è che gli articoli di prima formazione (fig. 4, 1, 2, 3,...) si troveranno spostati a un livello superiore rispetto a quelli di origine posteriore: e precisamente troveremo al sommo apice del rizoma, spinto al di fuori del livello del suolo, il primo e più vecchio nucleo caulinare, quello dovuto cioè alla base cotiledonare, e successivamente, progredendo verso il basso, quelli di più recente formazione.

III.

Conclusioni generali ed applicazioni alle dottrine sulla natura morfologica del caule.

Le esposte ricerche sul modo di accrescimento dello stipite delle Palme offrono un ragguardevole materiale di deduzioni e considerazioni intorno alla sua natura morfologica. Esse, mentre risolvono l'annoso ed importante problema dell'accrescimento diametrale di quest'organo, su cui molto si è già discusso dagli Autori, portano al tempo stesso un notevole contributo alla soluzione di quello riguardante la natura morfologica di esso, chiarendone, sotto questo aspetto, le relazioni con le foglie.

Data l'importanza di tali deduzioni, crediamo utile, a titolo di completamento del nostro studio, di soffermarci alquanto su quest'ultimo argomento e vedere in che senso e fino a qual punto è possibile dare una più estesa applicazione alle nostre conclusioni.

Riassumendo dunque abbiamo visto, tanto nel caso di stipiti normali, eretti, cilindrici, quanto in quello di stipiti rizomiformi asimmetrici, che la formazione di quest'organo dipende essenzialmente dall'attività delle basi fogliari, svolgentesi contemporaneamente nelle due direzioni: laterale e longitudinale. Nel primo tipo di stipite tale attività si manifesta uniformemente in tutta la regione posta al di sotto della inserzione anulare della foglia, e si ha quindi per risultato la costituzione di un internodio di forma cilindrica. La durata più o meno lunga di tale attività nelle due anzidette direzioni, dopo il disseccamento e la caduta delle corrispondenti lamine fogliari, è causa della varia dimensione che raggiungono gli stipiti in altezza e in diametro. Da ciò dipende appunto la svariata fisionomia che prendono gli stipiti nelle

varie specie di Palme. In particolare, ad una persistenza di siffatta attività preponderante nella direzione trasversale, e nel tempo stesso tempo limitata in quella longitudinale basipeta devesi la costituzione di stipiti grossi ed a brevi internodii delle varie specie di *Washingtonia*, di *Livistona*, di *Sabal*, mentre, inversamente, ad una durata piuttosto breve dell'attività nel senso trasversale, ma preponderante in quello longitudinale è da attribuire la costituzione di stipiti sottili, a lunghi internodii, quali si osservano nelle *Chamaedorea*, nei *Calamus*, nei *Batrys*, negli *Hyospathe*, nei *Geonoma*, ecc. Come casi intermedî, in cui cioè la durata dell'attività delle basi fogliari si uguaglia presso a poco nelle due direzioni, possiamo citare gli stipiti dei *Cocos*, delle *Howeae*, delle *Archonthophoenix*, delle *Ptychosperma*, ecc.

Indice di questa attività perdurante della base delle foglie è appunto la forma leggermente conica che assume in alto lo stipite; questa regione si distingue per la persistenza delle guaine fogliari attaccate ancora allo stipite, le quali costituiscono intorno a questo un inviluppo continuo, mascherandone la forma conica.

Non riesce punto difficile ricondurre allo stesso tipo di accrescimento e di costituzione lo stipite di quelle specie di Palme nelle quali le guaine fogliari non abbracciano completamente l'intero contorno del fusto, così come ne porgono esempî le specie di *Phoenix*, di *Chamaerops*, di *Jubaea*, e simili. In tal caso è però da ammettere che l'attività delle basi fogliari nella direzione basipeta sia del tutto nulla ed in conseguenza la parte superiore assottigliata dello stipite, così distintamente osservabile nei tipi precedenti, rimane oppressa e soffocata dalle foglie presenti, in modo che lo stipite in tutta la sua altezza apparisce di forma egualmente cilindrica.

In quanto al secondo tipo, da noi distinto, di stipiti in forma di rizoma sporgente obliquamente dal suolo, l'attività della base fogliare comprende solo una metà della intera zona circolare costituente la base della foglia, e questa metà è costantemente rivolta verso la stessa direzione dello spazio; dall'incremento verso il basso di questa zona semicircolare prende origine l'internodio, che perciò rimane incompleto dalla parte opposta, dove non si ha che lo spessore della traccia della inserzione fogliare.

A qualunque tipo appartengano, gli stipiti poi, almeno a quanto mostra l'osservazione esterna, risultano da una serie di pezzi o articoli provenienti da particolare accrescimento delle basi fogliari, sovrapposti gli uni sugli altri in ordine decrescente di età, procedendo dal basso verso l'alto. La forma di detti articoli è quella cilindrica, di altezza però variabile secondo la specie, nei casi di stipiti a sviluppo eguale simmetrico; mentre in quelli a svolgimento incompleto unilaterale, essi prendono la forma di un disco a sezione longitudinale trapezoidale.

Un fatto che ci sembra assai degno di nota si è che i singoli articoli che costituiscono la porzione cilindrica dello stipite non sono tutte, a rigore, eguali, ma si mostrano dove più ampii, dove più piccoli, senza tuttavia allontanarsi troppo da una media dimensione che è appunto quella del *diametro specifico* dello stipite. Questo fatto, riscontrabile in quasi tutte le specie di Palme, sarebbe veramente inesplicabile con qualsiasi teoria fondata sulla considerazione dell'accrescimento in volume degli elementi istologici costitutivi; esso invece trova nitidamente ragione nel processo, da noi esposto, sulla costituzione dello stipite per opera delle basi fogliari. Derivando ciascun articolo da una foglia, è chiaro che le oscillazioni che essi mostrano nel loro

diametro, intorno alla media specifica, debbano rappresentare l'espressione dello sviluppo più o meno rigoglioso che subirono le foglie a causa delle variabili condizioni dell'ambiente che influirono sulla vegetazione nel corso degli anni.

Il caso della *Sabal Adansonii* Guern. costituisce, a parer nostro, la migliore dimostrazione della realtà di siffatti stretti rapporti che intercedono fra lo sviluppo dello stipite e quello delle foglie. Questa Palma mostra infatti, con meravigliosa evidenza, come la natura dell'internodio, almeno nella regione periferica, sia nettamente fogliare. Abbiamo fatto rilevare a suo luogo come là dove persiste ancora la guaina fogliare attaccata al rizoma e meglio ancora nella regione ove trovano inserzione le foglie attive, evvi una perfetta continuità morfologica, nonchè istologica, tra la guaina e l'internodio, di guisa che questo, almeno per uno spessore verso l'interno corrispondente allo spessore stesso della guaina, deve considerarsi come la continuazione inferiore di questa, saldata e fusa col tessuto che occupa l'interno dello stipite

Si tratta adesso di chiarire di che natura siano tali rapporti dal punto di vista morfologico; se, cioè, foglia e fusto esprimano concetti *diversi* morfologicamente, o se debbano invece intendersi come *espressioni topografiche* di uno stesso organo.

Per quanto tale argomento si allontani alquanto dai limiti di questo lavoro, ci sia permesso in linea occasionale di ricordare il pensiero degli Autori sulla questione.

Già nel concetto delle « Metamorfosi » del Goethe (1) troviamo il primo tentativo di ricondurre al tipo di un organo unico fondamentale tutte le parti del corpo della pianta, considerando questa come un'associazione di elementi che terminano in alto con una foglia e differenziati in modo che inferiormente assumono il carattere del fusto ed in alto quello della foglia.

Codesta concezione era destinata a ricevere in seguito uno sviluppo più ampio, avvalorata dai fatti e dalla osservazione, tale da dominare in qualche modo sull'indirizzo scientifico del tempo. Così il concetto del « fitone » del Gaudichaud (2), ossia della foglia considerata come individuo distinto, che riunendosi con molti altri individui simili costituiva il corpo della pianta, rappresenta certamente una conferma ed un perfezionamento del concetto Goethiano.

Tuttavia, quest'ultima teoria fu combattuta in sèguito dal Mirbel (3), con fatti anatomici, dedotti dallo sviluppo dei fasci vascolari, il quale avvenendo dal basso verso l'alto, costituiva certamente una palese contraddizione alla presunta natura fogliare del fusto.

Ed invero, col progredire delle conoscenze anatomiche ed istologiche, specialmente sui rapporti vascolari tra fusto e foglie ad opera segnatamente dei lavori del Lestiboudois, dello Schacht, del Trecul, dell'Hofmeister, del Mohl, del Naegeli, ecc. vennero alla luce una quantità di fatti che valsero a scuotere notevolmente dalle fondamenta la teoria del fitone.

(1) Goethe, *Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären*, 1790. *Zur Morphologie*, 1817.

(2) Gaudichaud, *Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des végétaux*. Mém. de l'Acad. des Sc., 1841, 2e série, tom. XV.

(3) *Recerches anatomiques et physiologiques sur quelques végétaux monocotylés*. Ann. des Sc. Nat, t. XX, 1843.

Allora sorse il Delpino (1) che, prendendo le mosse da altre considerazioni e specialmente dalle leggi della disposizione delle foglie sul fusto, venne condotto a dichiarare che questo è formato esclusivamente dalle parti basali delle foglie, da lui chiamate « fillopodii » ; talchè le piante vascolari sarebbero state, in realtà, delle « fillofite » anzichè delle « cormofite ». La foglia ed il suo fillopodio avrebbero costituito nell'insieme un « meritallo » che sarebbe stato il prodotto di un solo segmento della cellula piramidale trigona dell'apice presso le Crittogame vascolari, e di un gruppo di cellule apicali avente la stessa circoscrizione trigona presso le Fanerogame.

Ma tutte le teorie tendenti ad unificare la natura morfologica del fusto e della foglia dovevano ricevere, come è noto, il colpo di grazia dal Van Tieghem e dalla sua scuola, con la teoria della « stela » (2). Già anche prima il Wollf ed il Braun (3) avevano riguardato le foglie ed il fusto come parti di natura essenzialmente differenti, ed avevano insistito sulla necessità della distinzione di tali parti, come fondamento della Morfologia vegetale.

Ma anche la teoria della stela, accolta ben presto dal favore di molti, specialmente in Francia, non andò esente da critiche severe, al punto che oggidì, come è noto, nessuno o ben pochi ne accettano ancora i capisaldi fondamentali e le deduzioni. E così la teoria del fitone, ricomparsa sotto migliore veste ed arricchita da fatti, col nome di teoria del « fillopodio », ad opera del Delpino, tornò in onore, soprattutto quando a poco a poco si vennero a sfrondare i dogmi posti sulla natura morfologica delle così dette « regioni anatomiche » del Van Tieghem e della sua scuola, e sui quali si fondava essenzialmente la teoria stelare.

Così sorsero dapprima i lavori del De Wries (4) e del Dangeard (5) che presentarono nuova mèsse di fatti anatomici decisamente favorevoli alla teoria del fitone o del fillopodio delpiniano; e poscia quello del Belli (6) sull'endoderma e periciclo nel genere *Trifolium*, nel quale viene decisamente dimostrato che la distinzione tra stela e scorza nei fusti è impossibile così in teoria come in pratica, il che forma certamente il presupposto anatomico indispensabile della teoria delpiniana.

Così anche il Grelot (7) conferma questa teoria, ammettendo però che il fusto abbia un sistema libero-legnoso proprio, formato dalle traccie discendenti delle appendici che esso porta.

Il Flot (8), stabilendo che nel cono di vegetazione delle Fanerogame vi sono iniziali speciali per i tessuti epidermico, corticale, vascolare e midollare, i quali hanno manifestamente una origine comune per la foglia ed il fusto, conclude che questo ultimo si trova costituito dall'insieme delle basi fogliari.

(1) *Teoria generale della fillotassi.* Atti d. R. Università di Genova, vol. IV, parte II, 1883.

(2) *Sur la Polystélie.* Ann. des Sc. Nat., 7e série, tom. III, 1886.

(3) *Verjüngung in der Natur,* 1851. *Das Individuum der Pflanze,* Berlin, 1853.

(4) *Sur le dédoublement des Phyllopodes.* Dodonea, 1893.

(5) *Recherches sur les plantules des Conifères.* Le Botaniste, 2, Caen, 1892.

(6) *Endoderma e Periciclo nel G. Trifolium in rapporto con la teoria della stela di Van Tieghem e Douliot.* Memoria della R. Acc. delle Scienze di Torino, serie II, tom. XXXVI, 1896.

(7) *Recherches sur le système libéro-ligneux floral.* Ann. des Sc. Nat., 8e série, tom. V, 1897.

(8) *Sur l'origine commune des tissus dans la feuille et dans la tige des Phanérogames.* Compt. Rend. Akad. des Sc., tom. CXXVI, 1900.

Su queste stesse argomentazioni il Bonnier (1) stabilisce il corso dei fasci dalla foglia, attraverso il fusto fin nella radice, mostrando come si è stabilita la continuità dell'apparato vascolare attraverso le differenti parti della pianta.

Il Decrock, in base a ricerche sulle Primulacee, conclude che il fusto è una associazione di rachidi fitonari (2).

Quasi contemporaneamente il Celakovsky (3) dava una spiegazione della composizione morfologica del sistema aereo vegetante, ritenendola formata da una serie di articoli (*Sprossglieder*) costituiti ciascuno da una foglia e da un pezzo di fusto; e descrive due modi di origine dei fusti, cioè per « sovrapposizione » di tali articoli (« olociclici ») lungo una linea retta, o per loro disposizione l'uno accanto all'altro lungo una linea a spirale, o per raggruppamento in verticilli (articoli « mericiclici »). Riferendosi alla teoria del fillopodio, egli dichiara che il paradosso delpiniano, che, cioè, il fusto consista di picciuoli fogliari concresciuti, riceve per i fusti ad articoli mericiclici, e per questi soltanto, una certa autorità se si estende il concetto di foglia e se si considera la concrescenza non come posteriore ma come congenita.

Infine il Potonié (4), appoggiandosi su numerosi fatti desunti dalla Paleobotanica, propone una interpretazione della natura del cormo mediante una teoria che chiama del « pericauloma », secondo la quale il fusto sarebbe di natura assile al centro, ma rivestito all'esterno da un mantello (« pericauloma ») di natura fogliare.

Al riguardo degli stipiti delle Palme abbiamo già fatto rilevare come, qualunque sia il tipo morfologico cui possano riferirsi, essi appariscono sempre più o meno chiaramente articolati; ed in particolare, ciascun articolo, composto di un nodo in forma di un anello completo attorno la periferia del fusto e di un internodio, corrisponde al così detto « *Sprossglied* olociclico » del Celakovsky. Lo stipite quindi, considerato nell'aspetto esterno, risulta di una serie di tali articoli, disposti in ordine di età decrescente man mano che si procede verso l'alto.

Si presentano ora le seguenti questioni:

Tale costituzione articolata, è semplicemente un differenziamento esterno, ovvero si estende fino alla massa interna dello stipite, in guisa da potersi ammettere teoricamente, se anche non si possa riconoscere materialmente, la esistenza di netti limiti di separazione nell'interno dello stipite a livello di ciascun nodo? Qual'è il meccanismo della costituzione dello stipite all'atto stesso della sua formazione dal cono di vegetazione? Nasce esso come un tutto a sè, e solo per ulteriore evoluzione acquista l'aspetto articolato, ovvero questo carattere si manifesta già sin dai primissimi stadii dello sviluppo?

Considerando l'ordine di successione dei nodi e degli internodii dal basso verso l'alto, si rileva, come già fu detto, che a cominciare dalla regione ove le guaine fogliari persistono ancora aderenti allo stipite, gl' internodii diminuiscono gradata-

(1) *Sur l'ordre de formation des éléments du cylindre central dans la racine et la tige,* Compt. Rend. Ac. des Sc., tom. CXXXI, pag. 781, an. 1900. *Sur la différenciation des tissus vasculaires de la tige et de la feuille,* ibid., pag. 1276.

(2) *Anatomie des Primulacées.* Ann. des Sc. Nat., VIII série, tom. XIII, 1901.

(3) *Die Gliederung der Kaulome.* Botanische Zeit. 1901, Heft V-VI.

(4) *Die Pericaulom-Theorie,* in Berichte d. Deutsch. Bot. Gesell., Bd. XX, 1902.

mente di lunghezza fino al punto in cui le aree d'inserzione fogliare, ossia i nodi, disposte ad anelli concentrici, l'uno in contatto con l'altro, coprono addirittura tutta la superficie terminale dello stipite.

Nella regione omologa della *Sabal Adansonii* Guern. troviamo invece che da un lato gl'internodii sono già nettamente sviluppati, mentre che dal lato opposto non si hanno che i nodi strettamente avvicinati fra di loro.

Ma come nascono tutti questi tessuti dal cono di vegetazione?

Il Goebel [1], accennando al modo di origine delle foglie guainanti delle Graminacee, dice che il primordio fogliare è una gobba che non giunge ad occupare l'intero contorno del cono di vegetazione, se non dopo che un'altra se ne produce superiormente. Questa gobba si sviluppa come lamina e picciuolo fogliare, mentre che dai due lati il cono di vegetazione nell'intera zona del suo contorno, corrispondente al livello della gobba stessa iniziale, sèguita a segmentarsi, dando origine infine ad un cèrcine che abbraccia completamente il cono di vegetazione e sporge in su a mo' di un orlo circolare (*Wall*). Da quest'ultima parte prende posteriormente origine la guaina fogliare; questa quindi non è dovuta, come già era stato ammesso, a concrescenza dei margini di un abbozzo originariamente aperto, ma semplicemente alla segmentazione della corrispondente zona anulare periferica del cono di vegetazione.

Secondo le nostre ricerche, nelle Palme il modo di nascere della lamina e della guaina fogliare è senz'altro identico a questo descritto. In un ulteriore stadio di formazione la guaina si estende in lunghezza, sviluppandosi più precocemente che non l'abbozzo laminare e costituendo, come aveva già osservato il Meneghini, una sorta di imbuto capovolto, sormontato dalla parte tutt'ora non differenziata, ma prodottasi per la prima, cioè dal primordio della lamina fogliare.

In ogni modo, è chiaro che, fin dove è possibile ravvisare cotesto differenziamento periferico del cono di vegetazione, si potrà parlare di una costituzione articolata dello stipite, sia pure in tale regione, poichè sarà dato sempre in tal caso prendere come confine tra l'uno e l'altro articolo le linee di separazione delle successive guaine fogliari.

Ma, come si è detto, essendo le superficie d'inserzione di queste, nel detto stadio, così ravvicinate da non lasciare tra loro alcuno spazio internodale, ciascuno articolo risulterà costituito da un solo nodo, ossia da quella zona anulare, nel cui spessore si effettua la segmentazione produttrice della guaina stessa, e, nel tempo stesso, della parte laminare: quest'ultima emergente da un punto determinato, in armonia con la disposizione fillotassica propria della specie.

Ma quali entità, dal punto di vista morfogico, entrano nella composizione di questo primitivo segmento dello stipite?

La parte periferica è manifestamente di natura fogliare, mentre quella che resta all'interno si distingue, non certo per caratteri istologici, nè morfologici, ma unicamente per criterii topografici, e come tale assume carattere caulinare, assile, che conserva costantemente ed invariabilmente nello stadio definitivamente adulto dell'organo e dell'intero individuo.

[1] *Organographie der Pflanzen.* Jena, 1898.

Nel cono di vegetazione stesso, dove manca cotesta differenziazione di carattere topografico delle unità morfologiche costituenti in definitivo il cormo, possiamo imaginarci la massa meristematica scomposta in parti di forma discoidale disposte più o meno orizzontalmente e successivamente l'una sopra l'altra, rappresentanti ciascuna in embrione quello che più in basso si presenta coi caratteri di un segmento o articolo dello stipite. Si comprende perciò che l'estrema regione dell'apice vegetativo, sia pur ridotta a un gruppo di pochi elementi, o anche ad un solo elemento iniziale, deve necessariamente rappresentare il nucleo generatore primordiale di siffatti dischi embrionali; e mentre gode della facoltà di rinnovarsi superiormente, conserva sempre lo stesso carattere di una matrice neutra indifferente, di natura propria che le proviene essenzialmente dallo stato meristemale in cui trovasi. A partire da cotesto centro evolutivo e procedendo giù giù oltre la base del cono di vegetazione, si troveranno, disposte successivamente in ordine crescente di differenziamento, le varie unità morfologiche del cormo, cominciando da quelle potenzialmente espresse dalle prime segmentazioni laterali delle iniziali apicali. Seguendo questo ordine di evoluzione vediamo a mano a mano prendere origine la bozza fogliare come produzione laterale del cono di vegetazione, e quindi dalla medesima superficie del cono stesso costituirsi il cercine iniziale della guaina fogliare. Procedendo sempre verso il basso, le unità morfologiche, di cui è parola, continuano la loro evoluzione con la costituzione della regione nodale, accrescendosi in altezza ed ampiezza. E come ultima tappa di questo processo prende origine, dall'ulteriore incremento in direzione basipeta della guaina, l'internodio, più o meno lungo e grosso, come sappiamo, secondo le varie specie.

Quanto alla *Sabal Adansonii* Guern. può dirsi che essa rappresenti, con l'apparente anomalia del suo stipite, la più evidente riprova dell'esattezza di siffatta maniera di concepire il meccanismo di costituzione degli stipiti in generale. Infatti essa mostra contemporaneamente, cioè nella stessa fase di sviluppo di un medesimo individuo, il meccanismo di formazione del nodo e dell'internodio, in quanto che i processi, che nelle altre specie di Palme avvengono uno dopo l'altro, qui si effettuano al tempo stesso in due regioni differenti del medesimo organo. L'attività della base fogliare produttrice dell'internodio, che nelle Palme a fusto di tipo simmetrico interessa, per una durata più o meno lunga, secondo le specie, tutta quanta la regione d'inserzione, qui si manifesta invece sotto una metà della inserzione stessa, mentre nell'altra metà non accadono che i soli fenomeni incrementali dai quali dipende la formazione del nodo.

Il che chiaramente significa che *nodi ed internodii non sono entità morfologiche di valore assoluto, indipendenti, a costituzione specifica ed originariamente preformata nel caule*, ma vanno riguardati come dipendenze dirette di organi morfologicamente tipici, che in origine non sono nè fusto nè foglia, ma ciascuno è l'uno e l'altra potenzialmente; ossia di quelle unità morfologiche discoidali primordiali che sono contenute nel cono di vegetazione. Tali parti, di natura quasi « sui generis », le quali non si distinguono se non dopo accennato alla loro periferia il primo differenziamento tra le due regioni, fusto e foglia, possono benissimo ricevere una designazione particolare col nome di *meroblasti*, denominazione che apparisce ben adatta a rappresentarci il valore di coteste unità, quali parti costituenti il corpo fogliato della pianta superiore.

Siffatto concetto, poichè raccoglie in un'unica entità morfologica la natura del fusto e della foglia, è differente dunque da quello del fillopodio delpiniano, che, come dice la parola, sarebbe un'entità di natura puramente fogliare; presenta invece notevoli punti di contatto con le teorie dello « Sprossglied » celakovskiano e con quella del « pericauloma » del Potoniè, ma differisce da ciascuna, segnando anzi su di esse un certo progresso perchè ne rappresenta la fusione e un perfezionamento.

Infatti, mentre la teoria del Celakovsky parla della costituzione articolata dei fusti, senza pronunziarsi sulla natura di ciascun articolo, quella del Potoniè, al contrario, distingue la natura dei cauli in fogliare alla periferia e assile al centro, ma non ammette in essi alcuna distinzione morfologica in senso trasversale.

Secondo noi, il cormo, come complesso di tutti gli organi tipicamente aerei delle piante superiori è costituito da una colonia di meroblasti: è, diremmo, un *sinmeroblasto*, i cui singoli componenti, nei primordii, cioè allo stato di cono di vegetazione, presentano una natura indifferente, neutrale, propria dello stato meristemale della matrice germinale da cui derivano; e consideriamo come effetto di una evoluzione ulteriore il carattere fogliare che essi acquistano alla periferia, e quello assile al centro.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

Tavola I.

Sabal Palmetto Rein. — (Tipo a sviluppo eguale, simmetrico).

Fig. 1. — Giovane plantula proveniente dalla germinazione di un seme (*S*). *p*, picciuolo cotiledonare; *gc*, guaina cotiledonare; *g*, guaina della prima foglia vegetativa; *r*, radice primaria. (1/1).

Fig. 2. — La precedente in uno stadio un po' più avanzato. Le lettere come nella fig. prec.

Fig. 3. — Sezione trasversale della fig. prec. in uno stadio più avanzato mostrante la formazione iniziale dello stipite a sviluppo simmetrico regolare da parte della guaina (*g*); *gc*, *p*, come nelle figure precedenti. (4/1).

Sabal Adansonii Guern. (Tipo a sviluppo unilaterale asimmetrico).

Fig. 4. — Giovane plantula di *Sabal Adansonii* Guern.; *p*, residuo del picciuolo cotiledonare; *gc*, guaina cotiledonare in parte lacerata dallo incipiente sviluppo unilaterale delle successive guaine fogliari. (1/1).

Fig. 5. — Stadio della fig. prec. più ingrandito. (2/1).

Fig. 6. — Il medesimo in uno stadio più avanzato mostrante il lento graduale laceramento della guaina cotiledonare. (2/1).

Fig. 7. — Sezione longitudinale della fig. precedente più ingrandita, mostrante l'iniziata formazione dello stipite a sviluppo unilaterale (*t*); *v*, cono di vegetazione; le altre lettere come nelle figure precedenti.

Fig. 8. — Sezione trasversale della fig. prec. passante per lo stipite (*t*).

Figg. 9 e 10. — Sezioni longitudinali degli stadii rappresentati nelle figure precedenti a sviluppo più avanzato; *t*, *g*, *v*, *r*, *p*, come nelle figure precedenti.

Fig. 11. — Una delle foglie non ancora caratterizzata in via di parziale trasformazione in stipite rizomiforme, fornita di una radice; i margini dell'organo rimangono ancora fogliacei.

Fig. 12. — La medesima figura vista di profilo.

Tavola II.

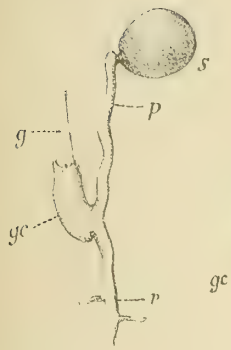
Sabal Adansonii Guern.

Fig. 13. — Figura d'insieme degli stadii rappresentati nelle figure 9 e 10.

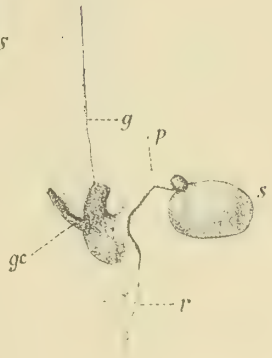
Fig. 14. — Un esemplare di circa 10-12 anni d'età.

Fig. 15. — Lo stesso visto dal lato interno, dopo reciso il germoglio fogliare.

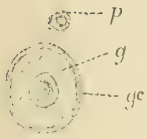
Fig. 16. — Sezione trasversale dell'esemplare precedente in prossimità della base.



1



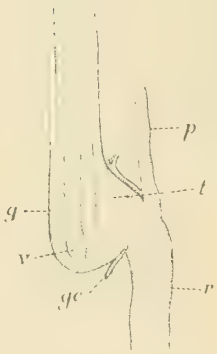
2

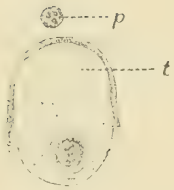


3

4

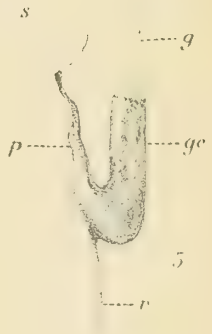
7



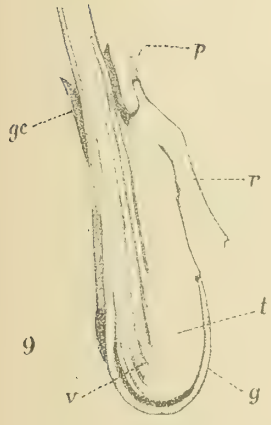


8

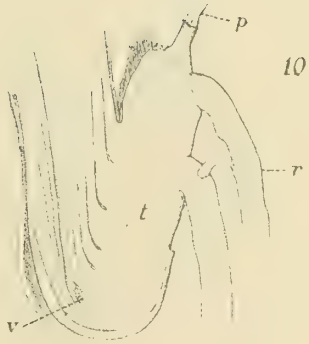
6



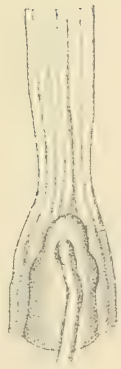
5



9

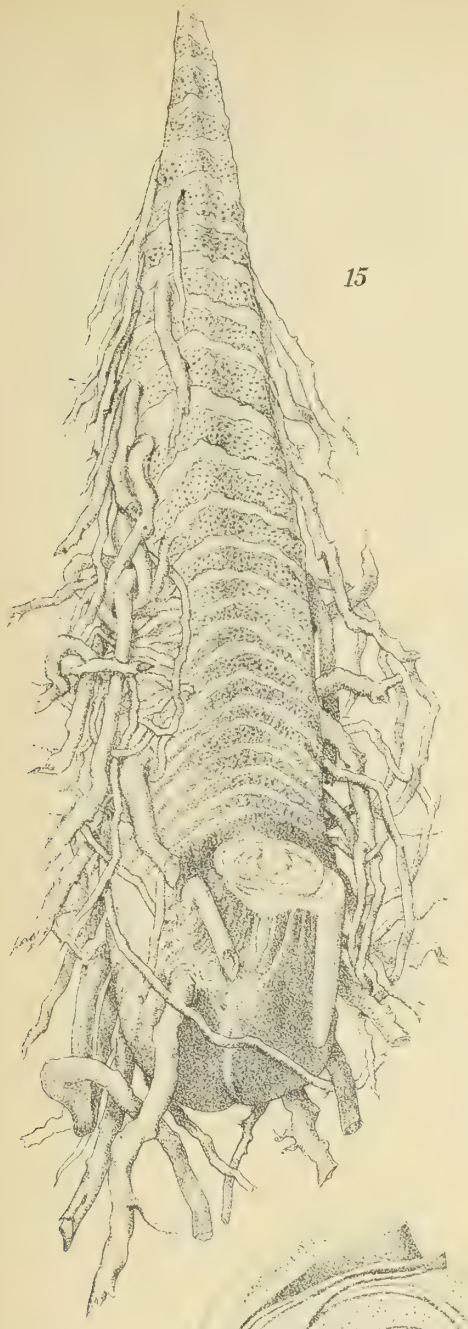


10



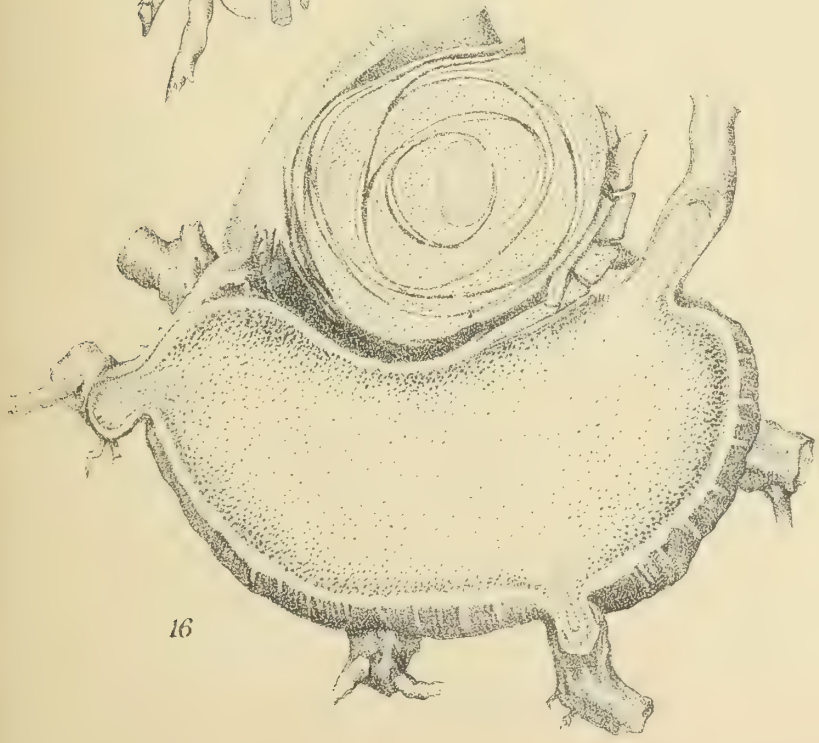
11

12



15

14



16

13

STAB. L. SALOMONE ROMA

La regione sismica Calabro-Peloritana.

Memoria del Socio CARLO DE STEFANI

trasmessa all'Accademia durante le ferie accademiche del 1910

(con 4 tavole e una figura nel testo)

Nella storia dei terreni, per quanto riguarda i monti Calabresi a Sud dell'Istmo di Catanzaro ed i monti Peloritani, mi riferisco alle mie proprie osservazioni già pubblicate, rettificandole via via quando occorra (1).

Per i monti Calabresi a Nord dell'Istmo fondo le mie deduzioni su quello che scrissero il Cortese (2) ed altri, modificando al più, quando posso, le carte, coerentemente alle osservazioni che ho fatte più al Sud.

PARTE PRIMA

I.

Natura e disposizione degli strati.

(Tav. II)

Campo de' terremoti Calabresi sono il terreno cristallino con tutti i terreni più recenti che esso sopporta.

Quel terreno scopresi in ampio cerchio a levante delle isole Lipari, e forma i monti Peloritani nel Messinese fra l'estrema punta N-E della Sicilia e la costa orientale di questa fino verso Taormina, e l'estremità meridionale della penisola italiana dalla Punta di Melito Porto Salvo a Sud fino a Spezzano Albanese a Nord.

Quei monti cristallini si suddividono in varie parti o digitazioni spartite nettamente da regioni depresse. Infatti i predetti monti Peloritani, la cui sommità nelle vicinanze di Messina arriva nel Monte Antennamare a 1130 metri, corrono paralleli

(1) C. De Stefani, *Escursione scientifica nella Calabria. Jejo, Montalto e Capo Vaticano.* (Atti R. Acc. Lincei, Roma, anno CLXXXI, 1884).

(2) E. Cortese, *Descrizione geologica della Calabria.* Roma, Bertero, 1895.

all'estremità meridionale dei monti di Aspromonte dai quali sono separati mediante lo stretto di Messina. La cima dell'Aspromonte è il Montalto (1958 m.). I monti dell'Aspromonte e della Serra, a loro volta, nel versante Tirreno chiudono un ampio golfo depresso riempito da terreni terziarî e quaternarî, il quale golfo risponde alla Piana, ampia depressione circolare, a cagione della sua forma paragonata ad un esteso cratere, ed ha il suo prolungamento verso Nord nella più ampia depressione imbutiforme della Valle del Mesima riempita pur essa da terreni recenti. L'altipiano del Poro o Capo Vaticano, pur cristallino, ma coperto in massima parte da terreni miocenici e più recenti, chiude la Valle del Mesima a ponente. Un bassofondo a — 74 m., quasi certamente gneissico, trovasi in mare ancora più ad Ovest.

La massa dell'Aspromonte e della Serra termina a Nord di fronte ad un'altra poco meno ampia depressione, cioè all'Istmo di Catanzaro, le cui colline sono alte non più di 340 m., occupato pure, a sua volta, dai soliti terreni terziarî e quaternarî.

A Nord dell'Istmo sorge la massa della Sila, che insieme con quella del Monte Cocuzzo si apre a Nord a guisa di ferro di cavallo, racchiudendo la depressione della Valle del Crati, la quale presenta le medesime circostanze geologiche delle altre depressioni mentovate.

La grande massa della Sila sta a levante verso l'Jonio, e la sua cima più alta è la Botte Donato (1930 m.): la minore catena del Monte Cocuzzo, che sale a 1542 m., si prolunga a ponente sul Tirreno.

La conoscenza della serie dei terreni che costituiscono quei massicci cristallini ha non poca importanza per avviarsi a meglio conoscere il suolo nel quale i terremoti si propagano. Quei terreni, a cominciare dai più antichi, sono:

1°. *Gneiss* che formano i monti lungo il Tirreno fra Cannitello e Palmi, cioè il lato occidentale della Piana, il Capo Vaticano o Monte Poro, quasi certamente il basso fondo ad Ovest, la Serra, e gran parte della Sila.

2.° Micascisti variati, con filoni di Granito. Formano i Monti Peloritani, la parte orientale dell'Aspromonte, quella orientale della Serra e quella occidentale del M. Cocuzzo e si trovano ai due lati della Valle del Crati. Specialmente nella parte superiore a Sud dei Peloritani, lungo la valle del Mesima, e nel Monte Cocuzzo verso il Tirreno, sono accompagnati da Anfiboliti, Dioriti ed altre rocce verdi, che taluni riuniscono alle seguenti Filladi.

3°. Filladi lucenti, scisti sericitici e scisti grafitosi che si estendono nell'estremo meridionale e occidentale dei Monti Peloritani, e formano l'estremo meridionale e piccolo tratto del lato orientale dell'Aspromonte e della Serra; non che parte meridionale e orientale della Sila ed in parte, almeno interpretando le relazioni del Cortese, il ramo del Monte Cocuzzo lungo il Tirreno.

Il Suess (1), Lugeon e Argand, il Limanowski, conoscitori dei terreni antichi delle Alpi occidentali, sono d'accordo con me almeno nel ritenere lo *Gneiss* come il terreno più antico: anzi col Suess io sono d'accordo in tutta la serie. Però non tutti gli altri geologi furono d'accordo circa alla natura ed alla successione di questi terreni.

(1) E. Suess, *Die Erdbeben des südlichen Italien.* (Denkschr. d. math. nat. Cl. d. K. Ak. d. Wiss., Bd. XXXIV, Wien 1874), pag. 8.

Il De Lorenzo ritenne che il *Gneiss*, da lui, come da altri appellato Granito, fosse una roccia intrusiva assai più recente delle altre (1), eruttata forse nelle ultime fasi del Carbonifero. Nell'esporre questa opinione egli seguiva le idee, oggi in massima parte abbandonate, che vom Rath, Salomon, Sauer, Klemm, Sandberg, Hugi e tanti altri avevano esposto a proposito dei graniti e degli *gneiss* delle Alpi, ritenuti eruttivi ed anche assai recenti.

Io replicavo al De Lorenzo sostenendo l'antichità e la situazione stratigrafica regolare del *Gneiss* calabrese (2). Si può ripetere che il predetto *Gneiss* si presenta in veri strati e non con semplici caratteri di fluidalità nei suoi elementi, e che, in ispecie nelle zone di contatto con le altre rocce che ritengo sovrastanti, esso contiene, non semplici inclusi, ma regolari strati di queste, regolarmente ed ampiamente alternanti.

Secondo De Lorenzo, Novarese, Lotti ed in massima parte secondo Hoffmann, Di Stefano, Taramelli, la serie delle rocce cristalline Calabro-Peloritane si succede in ordine propriamente inverso a quello che io ho sopra stabilito; cioè, cominciando dal basso: 1) Filladi, 2) Micascisti, 3) *Gneiss*, o granito. Però G. Seguenza, e Cortese riconobbero la superiorità delle Filladi che quest'ultimo pose da prima nel Siluriano (3) poi nell'Arcaico.

Se la stratigrafia, come dirò or ora, causa le frequenti inversioni degli strati, non è creduta sufficiente a dare un'idea dell'ordine cronologico, questa idea però dovrebbe esser data dai paragoni coi terreni consimili di altre regioni, dalla diversa natura più o meno cristallina e metamorfica, dai contatti con le zone fossilifere sovrastanti e dagli stessi fossili contenuti nelle zone superiori.

Il carattere più cristallino spetta indubbiamente al *Gneiss*. Questo non è molto diverso dal Granito di Sardegna, di Corsica e dell'Elba, ed è comparabile al *Gneiss* d'Antigorio nelle Alpi Occidentali.

Succedono per cristallinità, relativamente meno macroscopica, e per stratificazione assai più evidente, i Micascisti. Questi ricordano nelle Alpi i Micascisti di Baceno e di altre zone alquanto più recenti, confuse da parecchi col nome di scisti di Bunden, ma secondo, me in parte prepaleozoiche. Essi sono scarsi in Sardegna.

Vengono ultime le filladi sericitiche e cloritiche, da alcuni tenute separate, ma in realtà alternanti ripetutamente con scisti neri ampelitici. È difficile trovare nelle Alpi ed in Corsica un termine sincrono a queste rocce; forse corrispondono loro gli scisti scuri con rocce anfiboliche del Capo Corso e delle Alpi Marittime. Ad ogni modo queste filladi, abbondantemente carboniose, portano sicuri residui di una vita organica; si mostrano per questo più recenti e non più antiche di tutte le altre rocce cristalline, e si accostano a formazioni fossilifere paleozoiche. Esse potrebbero anzi rientrare in parte nel Paleozoico inferiore, poichè nei loro strati più alti si sottopon-

(1) G. De Lorenzo, *Studî di geologia nell'Appennino settentrionale*. Napoli 1896, pp. 3 e seguenti.

(2) C. De Stefani, *Come l'età dei graniti si debba determinare con criterî stratigrafici*. (Bull. Soc. geol. it. vol. XVIII, 1899).

(3) E. Cortese, *Brevi cenni sulla geologia della parte N. E. della Sicilia* (Boll. R. Com. geol. Vol. XIII, 1882. Roma, pag. 111 e seg.).

gono immediatamente agli schisti neri devoniani di Pazzano presso Stilo (1) in Calabria, o contengono fossili devoniani presso Alì, Limina e Villafiorita nel Messinese (2).

Rocce sovrastanti di Alì nel Messinese attribuite al Permiano (3) appartengono invece al Trias ed al Lias (4).

Quando poi si volessero considerare come terreno fondamentale non più le Filladi, ma i Micascisti, si andrebbe incontro a difficoltà altrettanto gravi, poichè si avrebbero questi terreni supposti più antichi, da una parte a contatto con le Filladi carboniose più recenti, dall'altra mai con queste, ma sibbene con gli *Gneiss* da me ritenuti antichissimi. Talchè si torna a confermare che il solo ordine stratigrafico logicamente possibile e rispondente ai fatti è quello da me stabilito. Vedremo come esso sia pure l'ordine che meglio conviene a spiegare la distribuzione dei terremoti.

Ciò posto, esaminiamo le circostanze tettoniche e stratigrafiche.

Le pieghe convesse principali, che formano i Monti Peloritani e Calabresi, dilungandosi più o meno, secondo la direzione stessa delle giogaie, da S-SO. a N-NE, sono sei. Di queste pieghe, quattro hanno per nucleo gli *Gneiss*; due i Micascisti.

Gli *Gneiss*, a parte qualche ondulazione secondaria verso l'Ionio, dove le pieghe vanno assai rapidamente degradando, formano il nucleo dei quattro anticlinali di Scilla, della Serra-Cittanova, del Capo Vaticano e probabilmente del basso fondo che è da 10 ad 11 km. ad Ovest con fondale minimo di 74 m., e della Sila. Il nucleo di Scilla, il più meridionale, si estende ad occidente dell'Aspromonte e sovraincombe direttamente al Tirreno da Cannitello a Palmi; nello stesso tempo, a levante, chiude il lato occidentale della Piana. Gli *Gneiss* sono molto scontorti, come si può vedere tra Bagnara e Santa Eufemia.

Essi sono in parte circondati dal Micaschisto; infatti a Sud, al Ferrito nel Comune di Cannitello, affiorano i Micaschisti che fanno parte della gran massa la quale circonda la piega principale della Serra-Cittanova. A Nord essi chiudono la piega di Scilla affiorando a Palmi e a Gioia nel diretto prolungamento di quelli della Valle del Mésima. Ad Ovest, sul Tirreno, oltre che agli scogli delle Pietre nere nell'estremo più settentrionale, li troviamo in minimo ma ben chiaro lembo, soltanto all'estremo della rupe del Castello di Scilla, con tutta regolarità susseguenti il *Gneiss*. Gli strati degli *Gneiss* e dei Micaschitti presso il confine reciproco sono quasi verticali o fortemente inclinati. A Nord di Palmi, con relativa regolarità, sono inclinati col Mica-

(1) P. Franco, *Di un trilobite rinvenuto negli scisti di Pazzano (Calabria)* (Rend. della R. Acc. d. Sc. fis. e mat., Napoli, agosto 1881). Bassani e De Lorenzo videro che la roccia fossilifera è identica a quella di Pazzano, ma qui non trovarono fossili.

(2) Carlo Gemmellaro, *Descrizione geognostica del vallo di Messina* (Atti d. Acc. Gioenia, X, 1834, Catania). Egli, e G. Seguenza poi, giudicarono Carbonifere le impronte che si trovano in quei terreni. — C. De Stefani, *Il Paleozoico inferiore di Alì nel Messinese* (Proc. verbali della Soc. tosc. di Sc. nat. Vol. XX, 5 marzo 1911, Pisa.

(3) Cortese, *Brevi cenni* ecc., pag. 129 e segg. *Carta geologica d'Italia al 100 mila* Foglio Castroreale.

(4) De Stefani, *Il Pal. inf. di Alì.* Il Cortese, *Il Paleozoico inferiore di Alì nel Messinese*, Genova, Tip. Sordo-muti, 1911, contestò questa attribuzione; ma poco di poi P. Vinassa (Atti d. Società it. per il Progresso delle Scienze 1911) annunciò colà il ritrovamento di una Ammonite Liassica.

schisto di circa 50° verso N-E. Al Castello di Scilla la direzione dei Micascisti sovrastanti ed in parte alternanti col *Gneiss* è a Nord 60° Ovest; la pendenza varia da 80° a Sud, alla verticalità, con inversioni verso Nord.

Il nucleo di *Gneiss* principale e grandemente più esteso, quello della Serra-Cittanova, corre parallelamente al precedente, a levante di esso, e forma la parte centrale della catena e lo spartiacque fra Jonio e Tirreno a mezzogiorno dell'Istmo di Catanzaro: cominciando a Sud a settentrione del Montalto, finisce a Nord all'Istmo, comprendendo la massima parte della Serra. A levante è coperto dai terreni che scendono al Jonio, in mezzo ai quali sorge parallela qualche ondulazione gneissica d'importanza assai secondaria nei dintorni di Agnana e di Gerace; a ponente il *Gneiss* sovraincombe direttamente alla Piana e chiude il lato orientale a sinistra della Valle del Mesima. La direzione degli strati è abbastanza uniforme: talora sono assai contorti. Le inclinazioni sono sempre ardite: e per tale ragione, come in tutte le altre pieghe, manca la forma di un anticlinale ampiamente aperto. A Sud e ad Est i banchi scendono regolarmente sotto le rocce più recenti; ad Ovest, lungo l'estremo orientale della Piana, per un tratto di ampiezza non ancora determinata, il *Gneiss*, insieme coi sovrastanti Micaschisti, è ribaltato, con pendenze uniformi, verso il Tirreno.

Il nucleo di Capo Vaticano, sebbene ampio, è basso ed irregolare per la intensa denudazione alla quale fu soggetto. È cinto dal mare da ogni lato, salvo ad oriente, dove chiude la parte occidentale e destra della Valle del Mèsima. Come forma il lembo cristallino delle Calabrie più avanzato verso il mare Tirreno, così, tettonicamente, esso forma il nucleo gneissico, emerso, più occidentale; poichè il nucleo di Scilla trovasi compreso in mezzo agli schisti cristallini più recenti del *Gneiss*, nella zona di quelli che separano il Capo Vaticano dalla Serra. I banchi del *Gneiss*, ad Est, scendono regolarmente, benchè con forti inclinazioni, sotto i Micaschisti di Monteleone e della valle del Mèsima.

Finalmente il nucleo *gneissico* della Sila forma la massima parte della catena omonima, che si estende fra la Valle del Crati ed il Mare Jonio e l'Istmo di Catanzaro. Esso è in certo modo continuazione diretta e massiccia, oltre l'Istmo di Catanzaro, della piega principale meridionale Serra-Cittanova.

I Micaschisti biotitici con rocce verdi della zona successiva agli *Gneiss* formano il nucleo della piega dei Monti Peloritani, la parte Sud ed Est della catena d'Aspromonte, la parte intermedia fra i due ellissoidi gneissici del Capo Vaticano e della Sila, la parte occidentale della Sila e quella orientale della piega del Monte Cocuzzo, o, come alcuni dicono, della *catena littorale* di Calabria-citra lungo la valle del Crati, parzialmente anche quella occidentale. Sono frequentemente alternati e traversati da grossi banchi e filoni o apliti di Pegmatite a grossi elementi di quasi solo Ortose con Quarzo, talora con Lepidolite, come i filoni nel Micaschisto dell'Aspromonte.

I Monti Peloritani nella provincia di Messina si estendono poco più a mezzogiorno della cresta dell'Aspromonte cui sono paralleli e dal quale sono separati mediante lo Stretto. Dalle parti di Est e di Nord scendono al mare; ad Ovest li accompagnano alcune secondarie ondulazioni di schisti neri, che verso Nord finiscono al mare Tirreno, e verso Sud parimente sono ricoperte dalle Filladi. Anche per queste rocce dei Monti Peloritani è difficile riconoscere dal semplice andamento degli strati

l'esistenza di almeno un anticlinale ampiamente aperto. Gli strati loro sempre assai distinti sono ovunque grandemente scontorti e sovente sbriciolati e brecciosi, non tanto alla superficie, quanto, e più, nell'interno. Gli scavi fatti per le gallerie della ferrovia littorale Tirrena di Calabria e per la galleria Peloritana (1) hanno pienamente riconfermato quel ch'io, con assai precise parole, avevo precedentemente asserito contro la compattezza supposta dai relativi periti: che, cioè, tal roccia sarebbe paragonabile « per la sua perfidia, ad un suolo di sabbia sciolta...: quel suolo è profondamente alterato, caolinizzato e traversato da un numero infinito di crepature; ne è da credere che l'alterazione diminuisca con la profondità » (2). La direzione si può dire regolare da S-SO a N-NE. Il Di Stefano afferma che lungo lo Stretto, salvo a Scaletta, gli strati pendono pure in generale verso NO (3); ma in realtà vi si notano continue inversioni e contorsioni, con alternativa di strati verticali; così al Noviziato, al Forte Gonzaga e a Sud oltre la fiumara di Cammaro in Messina, ove sono i lembi più esterni verso lo Stretto, le pendenze sono di 30° a SE o fin di 70° ad Ovest.

Ad ogni modo la massa dei Micaschisti dei Monti Peloritani è troppo ampia e sproporzionata all'ampiezza loro nelle altre circostanti regioni per essere interpretata come una semplice zona laterale uniclinale; donde deriva la necessità di ammettere nella medesima l'esistenza di almeno una piega convessa indipendente anzi di pieghe multiple addossate, quali si verificano nelle Filladi a Sud.

È verosimile che lo sprone settentrionale della roccia cristallina dei Monti Peloritani si estenda in mare, sotto debole copertura di rocce più recenti, seguendo la stessa direzione della piccola giogaia emersa, poichè se ne vedono le tracce morfologiche al Nord nei bassi fondi di 5 e 8 metri fino a 2300 metri dalla spiaggia, e nell'andamento delle profondità e delle linee ipsometriche fino a circa — 200 m. a più di 9 km. dalla spiaggia stessa (4). Così pure vedremo che la roccia cristallina sèguita nel sottosuolo profondo delle Lipari.

I Micaschisti, inoltre, chiudono quasi interamente a Sud e ad Est il nucleo *gneissico* della Calabria meridionale, dal Montalto alla Serra.

Solo ad Ovest il *Gneiss* viene a contatto immediato coi terreni terziarî e quaternarî che riempiono il lato occidentale della Piana. Non apparisce da quella parte una zona di Micascisti. Però la zona si estende quasi certamente a traverso la parte più littorale della Piana, in continuazione degli strati di Micascisto che si trovano a Palmi, a Gioia, e di quelli ad immediato contatto dell'estremo Sud della piega gneissica di Scilla (tav. II).

Così, la piega convessa di Scilla sorge come un bottone in mezzo ad un occhiello di Micascisti logorato e coperto in parte dal mare e da terreni recentissimi.

(1) E. Cortese, *Le rocce cristalline delle due parti dello Stretto di Messina* (Boll. Com. geol., vol. XVI, 1885, Roma, pag. 61).

(2) C. de Stefani, *Studî geologici per la galleria ferroviaria a traverso lo Stretto di Messina*, Giornale dei Lavori Pubblici, Roma, Civelli, 1883, pag. 27.

(3) Di Stefano, *Il terremoto calabro-siculo del 1894.* (Ann. uff. centr. di Meteorologia, S. II, vol. XIX, Roma 1909, pag. 17).

(4) R. Ufficio idrografico, *Carta costiera dello Stretto di Messina*, Genova, 1881.

La copertura dei Micascisti cui corrisponde questo occhiello, come continua, si è visto, a Sud e ad Est attorno al Montalto, e ad Ovest nei Peloritani, così prosegue a Nord, sottopassando la Piana e traversando il Metramo fino all'estremità settentrionale della Valle del Mesima. In questa valle i Micaschisti separano la piega gneissica principale della Serra da quella del Capo Vaticano che essi ricoprono solo nel lato orientale, in modo continuo; mentre manca in parte, nascosta dai soliti terreni terziarî e quaternarî, la corrispondente zona schistosa sulla sinistra della valle a ridosso del *Gneiss* della Serra.

In conclusione, i detti Micascisti, a Sud dell'Istmo di Catanzaro chiudono l'ampio sinclinale tra la piega della Serra-Cittanova, il Capo Vaticano e il mare. Al sinclinale rispondono la Valle del Mesima e la Piana, continuazione l'una dell'altra.

A ponente di questo sinclinale sorgono i Monti Peloritani che interpretammo come una piega convessa indipendente, ciò che porta a sua volta la necessità di ammettere pieghe concave rispondenti presso a poco alla regione dello Stretto fra i Monti Peloritani e l'estremo meridionale dell'Aspromonte.

In mezzo ai Micascisti che succedono probabilmente a Nord dei Peloritani, in fondo al mare, come da altro occhiello, risorge il nucleo anticlinale gneissico del Capo Vaticano e del fondale ad Ovest; sebbene ad una certa distanza, come più a Nord e più lontano, sorgano i Micaschisti e le rocce anfiboliche di Monte Cocuzzo.

Per quanto si può indurre dalla carta geologica del Cortese (1), gli Schisti cristallini circondano pure in molta parte il nucleo *gneissico* della Sila. Essi chiudono parzialmente a Sud la Valle del Crati, come già la parte settentrionale di quella del Mesima; e siccome costituiscono pure i due lati della medesima, è verosimile che ne formino il fondo sotto la copertura degli altissimi terreni terziarî e quaternarî.

Dagli studî fatti fin qui non si può ancora bene arguire quale sia la costituzione tettonica della Catena littorale del Monte Cocuzzo, che si dilunga a Nord dell'Istmo di Catanzaro fra la Valle del Crati ed il Tirreno.

È possibile che i Micaschisti vi formino il nucleo di un più o meno regolare anticlinale, poichè invero le pietre verdi che li accompagnano si estendono anche lungo il mare Tirreno, ad Amantea e altrove. Quello sarebbe nel prolungamento della piega gneissica del Capo Vaticano e di quella dei Micascisti dei Monti Peloritani.

In tal caso la valle del Crati sarebbe in un sinclinale fra la piega del Monte Cocuzzo e quella della Sila: ma può anche darsi che i Micascisti sulla sinistra del Crati sieno la parte superiore di quelli che stanno sulla destra e che ricoprono gli *Gneiss* antichi della Sila. In questo caso la valle del Crati sarebbe una valle d'erosione, isoclinale, secondante le stratificazioni. La valle del Crati può in certo modo paragonarsi allo Stretto di Messina.

Le Filladi carboniose che formano l'ultima più recente porzione della zona cristallina, e in parte la più antica zona del Paleozoico, trovansi sopra i Micaschisti in giro all'esterno dei Monti Peloritani dal Capo Calavà sul Tirreno ad Alì e a Taor-

(1) E. Cortese, *Descr. geol. della Calabria.*

mina verso lo Stretto dove sono plasmate in ripetute, evidentissime, pieghe anticlinali ribaltate; non che lungo tutta la parte orientale e meridionale, cioè Jonica, della piega gneissica principale Serra-Cittanova, e, secondo il Cortese, ad Ovest e a Sud della Catena littorale di Monte Cocuzzo e ad Est della Sila. Non si potrebbe escludere che dall'estremo meridionale di Alì nei Monti Peloritani si addentrassero in parte, con sottile zona, nel fondo dello Stretto, a Sud, e che in parte si dilungassero nel fondo sinclinale dal Nord della Piana al Sud della Valle del Crati. Invero questa zona delle Filladi carboniose, assai scistosa, è fra quelle più facilmente erodibili, e nella medesima zona, più che nelle altre, l'erosione subaerea e quella submarina avrebbero potuto più facilmente imprimere le loro tracce e creare le relative depressioni.

In conclusione le principali pieghe convesse, costituite a loro volta da pieghe molteplici secondarie, accoppiate due a due, parallele fra loro, successivamente scalate, in reciproco prolungamento, come i nodi di una catena, sarebbero ad Ovest, lungo il Tirreno, i Monti Peloritani, il Poro o Capo Vaticano, e la piega di Monte Cocuzzo: ad Est, lungo l'Jonio, la piega Serra-Cittanova e la Sila. Il sinclinale longitudinale intermedio alla duplice serie di anticlinali risponderebbe alle valli del Crati e del Mesima, alla Piana e forse allo Stretto di Messina.

L'istmo di Catanzaro è forse pur esso rispondente ad un sinclinale, se non anche ad una zona di profonda erosione di schisti filladici o simili, e separa le pieghe settentrionali dalle altre.

Il Di Stefano non conviene con le distinzioni di pieghe concave e convesse da me fatte (1). Invero, qualora si intendesse di pieghe regolari ed ampiamente aperte, l'osservazione non ne confermerebbe l'esistenza; ma io, già più sopra, ed anche in altra occasione (2), ho mostrato che gli strati sono spesso verticali, grandemente scontorti, spesso invertiti, e che le pieghe sono fittamente costipate e talora rovesciate, per la qual cosa la regolarità non si verifica mai, come non la si verifica di regola nelle giogaie molto antiche e molto turbate. Pure, ammessa nelle roccie Calabro-Peloritane la successione cronologica da me stabilita, non si può a meno di ammettere anche la disposizione a pieghe, che io ritengo essere nella realtà assai più complicate e numerose di quanto ho qui esposto, anche a seconda di quanto risulta dagli studi di Limanowski e di Arbenz sull'estremo meridionale dei Monti Peloritani.

Se le grandi depressioni osservate rispondono in tutto o in parte a sinclinali, non è che gli strati cristallini si sottopongano alle medesime a guisa di ampia conca; bensì l'esistenza di rocce più erodibili nel fondo dei sinclinali medesimi fu causa delle corrosioni subaeree e subacquee che originarono le depressioni, mentre i nuclei più resistenti degli anticlinali rimasero più rialzati. Ma su tale argomento torneremo in breve.

Lugeon e Argand, fondandosi sull'esame di carte geologiche altrui e sopra affermazioni di esattezza non bene sindacata, supposero che molta parte della Sicilia

(1) G. Di Stefano, *Il terr. calabro-siculo del 1894*, pag. 17.

(2) C. De Stefani, *Come l'età dei graniti*, ecc. (Boll. soc. geol. ital., XVIII, 1899, pag. 79 e seg.).

compresi i Monti Peloritani, e le montagne cristalline Calabresi, non fossero in posto, ma fossero state trascinate da regioni molto più lontane, da settentrione, durante l'Eocene [1]. A proposito della Sicilia già rispose convenientemente il Di Stefano, mostrando l'inanità di quella ipotesi [2]. Essa non ha maggior valore per la Calabria dove i lembi rocciosi giuresi, cretacei, eocenici, residui isolati dalla denudazione, coprono evidentemente gli strati cristallini già spostati. Nel versante orientale jonico è qualche parziale inversione di strati antichi sopra l'Eocene: ciò che accennerebbe a carreggiamenti non certo da Nord, ma, se mai, da Ovest. Però trattasi di comunissimi fenomeni locali, non già di ricoprimenti qualsiasi.

Limanowski ha tentato di confermare, anche per la Calabria, l'ipotesi suaccennata, e dice che le ellissoidi della Calabria sono nappe di ricoprimento, e che l'Aspromonte appartiene alla nappa dei Peloritani proveniente da Settentrione [3]. Egli si fonda, per la Calabria, sulle osservazioni mie: ora, in quanto ammetta che la Calabria ed i Monti Peloritani siano una regione a pieghe, sono d'accordo con lui; ma non lo sono se egli ritenga che si tratti di nappe provenienti da assai lontano.

Arbenz, riprendendo la tesi di Lugeon e Argand, sostiene di nuovo il carreggiamento da Nord dei monti della Sicilia occidentale e di quelli di Taormina [4], con più minute ed accurate osservazioni stratigrafiche. Egli, secondo me, non tiene il debito conto delle differenze di *facies* che si verificano in luoghi vicini per semplici differenze locali di profondità marine o d'altro, nè dell'altra legge, della cui applicazione non mi sono mai trovato male, cioè degli sfiancamenti che hanno luogo nelle zone rocciose esterne sopra il livello dei sinclinali e delle depressioni orografiche circostanti, argomento che ho trattato a lungo altrove [5].

Egli ritiene che i monti di Taormina sieno stati carreggiati da Nord, però scavalcando le rocce cristalline Peloritane, le quali sarebbero rimaste in posto. Questa idea la applica naturalmente anche ai monti cristallini calabresi: ma l'idea che le rocce calabresi e siciliane mesozoiche sieno provenute da settentrione scavalcando le rocce antiche deve escludersi, come dissi, per la posizione regolare loro, per la mancanza di qualsiasi indizio che avrebbe dovuto dar cenno di fenomeni così importanti e perchè a settentrione della Calabria la serie delle rocce mesozoiche, regolarmente disposte, è più completa e spesso litologicamente diversa.

I Monti di Taormina che costituiscono l'estremità meridionale dei Peloritani, a traverso i quali i due citati autori disegnavano accurate e precise serie di spaccati, hanno la medesima costituzione da me notata poco più a Nord nel littorale di Alì [6];

(1) M. Lugeon et E. Argand, *La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabrie* (Compt. Rend. Ac. d. Sc. T. CXXLII, 14 mai 1906).

(2) G. Di Stefano, *I pretesi grandi fenomeni di carreggiamento in Sicilia* (Rendiconti Acc. dei Lincei, 3 marzo e 17 marzo 1907).

(3) M. Limanowski, *Sur la tectonique des Monts Péloritains dans les environs de Taormina (Sicile)* (Bull. Soc. Vaudoise d. Sc. nat. 5ème sér., vol. XVL. Lausanne, mars 1909).

(4) P. Arbenz, *Zur Tektonik Siziliens* (Wiertj Schr. d. Naturf. Ges. Zürich, Jahrgang 53, 1908, pag. 282).

(5) C. De Stefani, *Le pieghe delle Alpi Apuane*, Firenze, Le Monnier, 1889, pag. 106-108, 111.

(6) De Stefani, *Il Pal. inf. di Alì.*

non sono cioè formati da pieghe convesse anticlinali spinte a forza in mezzo alle Filladi e coperte da queste e dalle roccie cristalline più antiche, come sostengono i proponitori del correggiamento; bensì da ripetute strettissime pieghe anticlinali, aventi radice in posto, delle quali talora si vede la cerniera, rovesciate verso il mare, con nucleo degli anticlinali appariscente di Filladi e con fondo dei sinclinali racchiudente rocce secondarie ricche di fossili, formanti in origine una copertura regolare, che sovente tuttora si conserva.

Tornando alle pieghe, è da notare che le pieghe a Sud dell'Istmo di Catanzaro, compresi i Monti Peloritani, hanno direzione uniforme da S-SO a N-NE, secondando la direzione geografica di quella estrema parte della penisola, solo girando verso NNO nei Monti Peloritani; mentre le pieghe a Nord hanno direzione leggermente deviata da Sud a Nord.

Per quanto riguarda i Monti Peloritani, ad Ovest e a SE succedono pieghe di terreni mesozoici e terziarî; e questi terreni, a Sud, coprono direttamente i terreni cristallini ed il Paleozoico, occupando lo spazio che rimane fra questi e la grande massa dell' Etna sôrta dal fondo di una depressione dal mare pliocenico e postpliocenico, ed internandosi per ampio tratto in mezzo agli anticlinali delle rocce antiche. Quanto alle altre pieghe di terra ferma, a levante, cioè nel lato convesso della penisola, si estende regolarmente l'ampio sinclinale Jonico. Ed affermo che si tratta di una disposizione sinclinale regolarissima, poichè lunga serie di strati contemporanei ed anche più antichi di quelli che riempiono i sinclinati precedenti scende all'Jonio con regolare pendenza e con ripiegamenti secondarî, benchè turbati talora, che via via si smorzano verso il mare. Invece a ponente nel lato concavo, almeno lungo la parte meridionale delle Calabrie a Sud dell'Istmo di Catanzaro, la erosione ha profondamente intaccato le pieghe e gli strati e frastagliato le coste, le quali per lo più scendono a picco entro il mare Tirreno, che ivi, verso il largo, ad onta delle grandi accumulazioni vulcaniche delle isole Lipari, si affonda più rapidamente dell'Jonio. Esiste in ciò fra i due versanti una asimmetria, che vedremo non essere la sola: bensì la direzione delle pieghe rimane anche pel versante Tirreno la linea direttrice della spiaggia e delle coste.

Però la piega o le pieghe cristalline più settentrionali, nei rispettivi versanti marittimi, sono coperte, specialmente verso settentrione, da alti terreni triassici o in generale mesozoici, i quali poi, oltre il Crati, e già al di fuori dei terreni cristallini, insieme con terreni terziarî, formano altre pieghe indipendenti. Succedono più a settentrione le isolate cupole secondarie e terziarie della Basilicata, in mezzo alle quali sorge il vulcano del Vulture, poi le lunghe pieghe dell'Appennino centrale e settentrionale aventi una direzione predominante da N-NO a S-SE, perciò quasi normale a quella delle pieghe della Calabria meridionale e dei Peloritani.

Oltre quei limiti che abbiamo detto essere segnati dalla comparsa delle rocce triassiche e mesozoiche, poi eoceniche, e neogeniche e vulcaniche, i terreni cristallini non compariscono più affatto in Sicilia, nè più oltre fino alla Toscana in terra ferma, nè oltre l'Adriatico e l'Jonio fino quasi al versante Egeo. Oltre quei limiti essi devono scendere dunque profondissimi nel sottosuolo.

II.

Storia geologica dei rilievi montuosi. Loro antichità. Asimmetria dei due versanti Jonio e Tirreno.

(Tav. I e II).

Dalle cose dette sulla natura e sulla direzione delle pieghe in questi terreni dell'estremità della Penisola, risultano l'indipendenza e l'unicità del sistema montuoso costituente l'estremo meridionale dell'Appennino rispetto alle altre parti di questo.

Se però i terreni cristallini cessano subitamente dal lato della Sicilia e da quello della Basilicata, a quanto pare, invece, essi si estendono nel lato concavo delle pieghe, formando il fondo del Tirreno circostante, al più sotto non ampia copertura di terreni attuali e recentissimi, non che il sottosuolo immediato di tutte le isole vulcaniche delle Lipari, e sebbene più incertamente, dell'isola vulcanica di Ustica, accennando così ai massicci cristallini della Sardegna e poi della Corsica e delle Alpi Occidentali (tav. II).

Infatti il Bergeat nel suo classico lavoro sulle Lipari accenna ad un masso di Sienite micacea e ad abbondanti inclusi inalterati di scisti cristallini e di Quarzite negli agglomerati di Monte Sant'Angelo a Lipari, a numerosi frammenti di schisti cristallini inalterati, insieme con Quarzo latteo e mai con rocce più recenti nella Andesite di Capo Graziano a Filicudi e nell'Andesite cordieritica di Lipari, a frammenti di Quarzo lattiginoso come quello che si trova negli schisti cristallini e di Arenaria (*Sandstein*) vetrificata, simile a quella ch'egli dice spersa nei Basalti dell'Etna, nel Basalte di Strombolicchio, a Lisca nera, fra i proietti di Vulcanello, nelle lave di Monte Saraceno a Vulcano, nel Basalte di Alicudi (1). A. Brun ha trovato la detta Arenaria (*Grès*) a Stromboli (2). Johnston Lavis cita il Quarzo anche nel Basalte antico di Stromboli (3), ed il Mercalli nelle lave di Vulcano (4). Io pure raccolsi abbondanti inclusi di Schisti cristallini, e del calcare cristallino che suole accompagnarli, entro le Andesiti di S. Piero a Panaria.

Quanto agli inclusi così detti d'arenaria che il Bergeat paragona a quelli dell'Etna, osserverò che inclusi di quest'ultimo vulcano ne vidi molti provenienti dall'eruzione del 23 marzo 1910. Gl'inclusi qualificati come arenaria sono nodi o ammassi

(1) A. Bergeat, *Die Aeolischen Inseln.* München, 1899, pagine 101, 121, 152, 224.

(2) A. Brun, *Excursion géologique au Stromboli en mars 1901.* (Arch. d. Sc. phys. et natur., IV Per. T. XII, Genève 1901).

(3) H. J. Johnston Lavis, *Sull'inclusione di quarzo nelle lave di Stromboli.* (Boll. Soc. geol. it. XIII, 1894).

(4) G. Mercalli, *I vulcani attivi della terra.* Napoli, Hoepli, 1907, pag. 249, nota 1.

granulosi di quarzo, probabilmente sottratti a frammenti di rocce cristalline dell'imbasamento più profondo, dai quali frammenti rimase il Quarzo incompletamente disciolto dal magma vulcanico, ovvero a sabbie posspliocenichе quali si vedono presso Giardini e al Capo Schisò. Gli altri inclusi, in massima parte, sono indubbiamente marne con *Globigerinae* ed altre foraminifere del Neogene, e quasi certamente provengono da marne biancastre Plioceniche le quali circondano la periferia dell'Etna p. e. fra Calatabiano e Piedimonte (1) e probabilmente altrove fino alla quota di circa 50 m. e che evidentemente ne formano in parte il sottosuolo. Sono talora intatte, ma per lo più alquanto arrossate nell'interno, schiarite e verdoline a contatto col Basalte, quindi leggermente concotte durante il tragitto di almeno 1700 m. nel condotto vulcanico probabilmente esterno all'asse centrale del vulcano. Non conosco inclusi simili delle Lipari, che attesterebbero la presenza di un breve sottosuolo Pliocenico, o in generale Neogenico coprente il fondo di rocce cristalline di quei vulcani.

È possibile pure che arenarie recenti o quaternarie formino il sottosuolo immediato dei vulcani stessi, come le arenarie che furono più volte trovate nel riparare i cavi telegrafici intorno a Panaria (2): ma le rocce antiche, fra le quali mancano tracce di terreni mesozoici, innalzate con i materiali vulcanici da profondità di 2600 a 1100 m., attestano, anche secondo il Bergeat, che la base dei gruppi vulcanici delle Lipari è formata, secondo ogni verosimiglianza, da schisti cristallini della seconda zona da me stabilita, o che « per lo meno questa base è coperta da non alta massa di più giovani strati ».

Ora fra le rocce antiche Calabro-Peloritane gli Schisti cristallini sono, d'ordinario, alquanto più basici delle rocce vulcaniche eoliche; gli *Gneiss* antichi sono più acidi Devesi dunque rettificare la opinione del Taramelli (3) il quale ritiene che rocce basiche, e non anche rocce cristalline acide, quarzifere, formino l'immediato sottosuolo vulcanico delle Lipari: ipotesi che si può invece applicare all'Etna. Infatti, indipendentemente dagli inclusi acidi già citati, non solo a Filicudi e Alicudi, ma pure a Stromboli abbondano lave andesitiche con 57 a 61 per 100 di SiO_2, che anzi prevalgono in Alicudi e probabilmente ad Ustica. A Salina abbondano Andesiti con 60 a 65 per 100 di SiO_2. A Panaria e a Basiluzzo mancano rocce prettamente basiche; l'acidità è del 57,7 per 100 nella prima isola, del 70 a 72 nella seconda. Vulcano, oltre che da Basalti e Leucitobasaniti, è per quasi metà costituita da Lipariti con 58,2 a 74,5 per 100 di SiO_2; Lipari finalmente, è quasi per intero formata da Andesiti, cordieritiche o no, da Lipariti e da Pomici con altrettanto tenore di Silice (4). Queste maggiori acidità rispondono piuttosto a quelle degli *gneiss*, che non a quelle delle rocce anfiboliche e di alcuni degli Schisti cristallini più basici: è quindi da

(1) G. Seguenza, *Studii stratigrafici sulla formazione pliocenica dell'Italia meridionale* (Boll. R. Com. geol. 1873, pag. 99 e seh.; 1874, 1875).

(2) F. Salmoiraghi, *Di alcuni saggi di fondo dei nostri mari* (R. Ist. Lombardo, Rendiconti, S. II, Vol. XLII. Milano, 1909, pagg. 700, 711.

(3) T. Taramelli, *Dei terremoti di Calabria e Sicilia* (Rivista di Fisica, Matem., anno X, gennaio 1909, Pavia), pag. 22.

(4) Bergeat, loc. cit.

ritenere che i focolari vulcanici risiedano negli *gneiss* o in rocce acide più antiche, coperte a loro volta da schisti cristallini che il condotto vulcanico traversa più vicino alla superficie, trascinandone fuori frammenti poco o punto alterati.

Del resto sono le Lipari assai poco lontane dagli schisti cristallini che formano tutte le spiaggie prospicienti, sicule e calabresi, di terra ferma.

L'estrema punta di Micaschisti di Milazzo, una delle ultime propaggini dei Peloritani, è quasi altrettanto vicina all'isola Vulcano quanto allo Stretto di Messina; e ancora alquanto più vicino è il Capo Calavà. Fra quelle isole e la terraferma corrono minori spazî che non fra varie estreme pieghe delle rocce cristalline entro terra.

L'anzidetta piattaforma cristallina è il campo dei terremoti Calabro-Peloritani; ed i limiti superficiali del terreno cristallino dai terreni triassici e mesozoici, che già sopra abbiamo indicato, son pure i limiti della zona sismica predetta.

A comprendere meglio le circostanze conviene di seguire un po' più a fondo la storia dei monti cristallini.

Per la storia successiva delle formazioni antiche subacquee non avrei a dire niente di meglio di quello che già sì concisamente espose il Di Stefano (1).

È possibile che un tempo un alto manto di terreni triassici e mesozoici coprisse anche le pieghe della Calabria meridionale, come in parte tuttora veste quelle della settentrionale e quelle meridionali e occidentali dei Monti Peloritani. Il carattere delle pieghe cristalline, fitte, non molto grandi, quasi verticali, molto scontorte, è quello appunto di pieghe secondarie formate nell'interno di un più esteso anticlinale d'altri terreni, forse appunto quelli triassici e mesozoici. Ma non si esce dal campo delle ipotesi. A ogni modo, non avendo finora osservato nella regione residuo alcuno di amplissime pieghe regolari, o viceversa, di quei lunghi e ripetuti ribaltamenti che hanno luogo nelle estese ed ampie regioni montuose, ne prendiamo autorità per dedurre che non grandiosa, nè ampia, nè estesa troppo più di oggi dovette essere la regione della quale i monti nostri sono ultimo residuo.

Ad ogni modo i nostri monti, come tali, hanno origini e forma antichissime, e quelli della Calabria meridionale furono liberati ben presto dalla loro antica veste. Nel Giura, e per lo meno certamente nella Creta, essi erano conformati già da lunghissimo tempo come rilievi montuosi, allora in tutto od in massima parte subacquei, e quasi con le medesime parvenze di oggi, ed anche in questa loro grande antichità si palesa la differenza dalle montagne estremamente recenti del rimanente Appennino.

Infatti, calcari ad *Ellipsactinia* ed altri idrozoarî, alcionarî e corallarî insieme con breccie coeve degli stessi calcari e di sabbie cementate, formano in più luoghi scogliere attorno all'Aspromonte ed all'Istmo di Catanzaro (Tiriolo, Stilo, Cànolo, Staiti, Palizzi, Bova, ecc.). Sono veri e propri scogli corallini e madreporici nati direttamente sul fondo roccioso cristallino di banchi sommersi che essi circondavano. Per conseguenza le profondità non potevano essere molto grandi, e le circostanze batimetriche e climatiche non potevano essere molto diverse da quelle dei mari tropicali attuali a scogliere. Essendo state prese le *Ellipsactiniae* per *Nummulites*, io avevo attribuito quei calcari all'Eocene (2); ma il Suess già prima di me li aveva riferiti

(1) G. Di Stefano, *Il terr. Calabro-siculo del 1894*, loc. cit., pag. 11, nota 1.

(2) C. de Stefani, *Jejo, Montalto e Capo Vaticano*, pag. 85.

al Titoniano (1), ed a quel piano li ho poi attribuiti anch'io, sebbene *Ellipsactiniae* di specie diversa si trovino anche nella Creta. Quindi già nel Giura superiore quei monti erano stati profondamente denudati, ed emergevano sulla piattaforma cristallina, almeno come scogli subacquei ma con la tettonica attuale disegnata: fin da allora era pur disegnata, presso a poco come oggi, la depressione dell'Istmo di Catanzaro.

I terreni eocenici, con *Nummulites*, con galestri (a quanto sembra, di mare assai profondo), coprono spesso il cristallino nel versante jonio e si trovano anche sulle cime dove furono intagliati poi dalla denudazione che resecò i pianalti fin sullo spartiacque fra i due mari. Sotto forma di calcari, dei quali il sempre memorabile Seguenza padre trovò frammenti erratici (2), si rinvengono pure nel versante calabrese dello Stretto, e coprono poi a Sud e ad Ovest le ultime propaggini dei Peloritani. In quei tempi eocenici adunque, o per successivi abbassamenti o per semplice durevole permanenza sotto il livello del mare, quei monti erano coperti dall'Oceano, e forse abbastanza profondi sotto il livello di questo, coerentemente alle profondità grandissime, di gran lunga superiori alle attuali, che il Mediterraneo ebbe durante una parte almeno dell'Eocene nel posto dell'attuale Appennino, della Sicilia e della più meridionale regione della penisola Balcanica.

Terminato l'Eocene, le circostanze cambiarono assai al sopravvenire del Miocene inferiore od Oligocene che dir si voglia. A questa età infatti appartengono i depositi lignitiferi, salmastri, ed evidentemente littorali, di mare poco profondo, a *Potamides*, a *Trionix*, ad *Anthracotherium*, addossati al cristallino dell'Aspromonte (3) ad Agnana nel versante Jonio. Gli *Antracoterii* pascevano nei monti emersi e, come i loro affini e successori gli Ippopotami ed i *Sus*, diguazzavano negli stagni littorali dove coabitavano le *Trionyx* e dove poi rimasero sepolti. I monti dunque erano assai emersi, quasi come oggi, formando più isole, grandi circa alquanto più dell'odierna isola d'Elba; il suolo cristallino che frastaglia con isole e scogli il territorio di Agnana era sempre più profondamente denudato, e spiagge basse, apparentemente più estese di oggi, cingevano le cime coperte di alta vegetazione, però forse più dolci e più declivi d'oggi. Banchi di conglomerati grossolani locali con fossili marini corrispondono altrove ai banchi lignitiferi di Agnana.

Quei monti separavano parzialmente fin d'allora i due bacini Jonio e Tirreno, e fin da allora cominciava probabilmente quella asimmetria fra i due versanti che oggi si osserva.

Durante il Miocene medio immediatamente successivo non abbiamo una prova parimente sicura che le isole fossero rimaste emerse. A buon conto, a quel livello

(1) E. Suess, *Uber den Bau der italienischen Halbinsel* (Sitzb. d. K. Ak. d. Wissensch., Wien, LXV, 21 März 1872).

(2) S. Seguenza, *Brevissimi cenni intorno le formazioni terziarie nella provincia di Reggio Calabria*. Messina, Bevacqua 1877.

(3) B. Gastaldi, *Antracoterio di Agnana, Balenottera di Ca' lunga* (Atti Soc. ital. di scienze natur., vol. V, Milano 1863); A. Portis. *Resti di Chelonii terziari italiani* (Atti Accad. scienz. di Torino, XX, 1865); G. Seguenza, *Le formazioni terziarie nella provincia di Reggio (Calabria)*. (Atti R. Accad. Lincei, ser. 3ª, vol. VI, Roma 1880).

che era stato dei banchi salmastrosi oligocenici di Agnana, si formavano depositi marnosi di mare abbastanza profondo; sicchè è probabile che vi fosse uno spostamento nel livello del mare, con depressione della spiaggia e forse dei monti. Certo è che lungo tutto il versante jonico orientale e meridionale e lungo lo Stretto, il Miocene medio è rappresentato da conglomerati sottomarini grossolani, formati dalle rocce locali — forse anche a spese di scogli e d'isolette cristalline adiacenti, oggi scomparse, — alternanti a quando a quando con arenarie e, specie inferiormente, con marne bianche a foraminifere depositate in un fondo di molte centinaia di metri. I conglomerati si innalzano nel versante Est della Sila, nei dintorni di Bocchigliero e di San Giovanni in Fiore, fino a circa 1100 m.: nel versante Est della piega Cittanova-Serra e sullo spartiacque fra quello e il Tirreno, fino a 1030 m. circa, nei monti sopra Mammola; nel versante Sud dell'Aspromonte, insieme con calcari a *Nulliporae*, non più profondi della zona delle laminarie, a 658 m. sopra S. Pantaleone, a circa 900 sul monte Cordena ad Ovest di Bagaladi, e circa alla quota di 1000 m. lungo lo Stretto, nei monti Caddia e S. Angelo a levante di Reggio. Sono inclinati alquanto, e quasi sempre verso il mare, pur con variabile inclinazione.

Lungo lo Stretto essi coprono quasi la vetta della punta settentrionale dei Monti Peloritani sopra Castanea e S. Giovanni sino alquanto sopra 500 m., mentre nel lato occidentale di questi vi corrispondono le arenario e le marne di Castroreale e dei luoghi vicini.

A Nord il bassofondo dei Monti Peloritani dovea prolungarsi più d'oggi, poichè la roccia cristallina da quella parte rimane interrotta, come vi rimangono interrotti i depositi miocenici; infatti la breccia ed i calcari a corallarî isolati del Capo Milazzo si debbono escludere dal Miocene, appartenendo essi al Pliocene come i conglomerati degli Archi presso Reggio.

Nel versante Tirreno, fuori dello Stretto, attorno alle pieghe di Scilla e del Capo Vaticano i conglomerati alti mancano. Lungo il pendìo occidentale della Catena di Monte Cocuzzo e nell'Istmo di Catanzaro scarseggiano. In queste regioni, qua e là vi sono delle molasse, e dubito che all'età della quale ora parlo sieno da attribuire pure le marne bianche di mare profondo a Ostracodi e Foraminiferi, che appaiono nel fondo della Piana e della Valle del Mèsima, con variabile ma non forte inclinazione sull'orizzonte, che il Seguenza, cui altri aderirono, attribuisce invece al Pliocene. Nei dintorni di Palmi e sulla destra del Mésima piccole scogliere di coralli costruttori dell'epoca (*Heliastraea*, genere però ritenuto dubbio dal Di Stefano) aderiscono al terreno cristallino. Così pure tutto il Capo Vaticano, fino quasi alla sommità, è coperto da sabbie del Miocene medio con abbondantissimi fossili, con *Lithothamnium*, e perfino con strati locali salmastri a *Potamides* e con ligniti (Circo di Briatico, Papaglionti, Jonadi, ecc.), queste di provenienza forse più o meno lontana, che però non poterono formarsi in zone di profondità maggiori di quella delle *Nulliporae*, cioè non oltre i 300 m., ma ordinariamente ad assai meno, dal pelo del mare.

Probabilmente contemporanei o poco più recenti, e depositati a consimili basse profondità, sono gli strati salmastri a *Dreissena* trovati dal Cortese a Marcellinara sullo Stretto. Non accenno ai gessi, in parte forse contemporanei, che possono essersi formati anche a profondità maggiori.

In conclusione, durante il Miocene medio la piega Cittanova-Serra, specie nella sua parte meridionale circostante al Montalto, emergeva probabilmente di varie centinaia di metri sul mare. I Monti Peloritani, salvo forse un isolotto rispondente alla odierna sommità dell'Antennamare (1130 m.), al M. Poverello (1279 m.), al Pizzo di Polo (1288 m.), alla Montagna Grande o Pizzo delle Tre Fontane (1374 m.), erano invece sommersi. Così fu sommerso, almeno durante la massima parte del periodo, il Capo Vaticano che costituiva un alto fondo intorno a 300 m. sotto il livello del mare, insieme col bassofondo che oggi si trova nel mare più a ponente, e che, secondo ogni parvenza, è il residuo di una morfologia assai precedente all'età attuale, forse appunto di poco anteriore al Miocene medio. Le depressioni della Piana e della Valle del Mesima occupate nella parte più alta da piccole scogliere coralligene consentanee alla temperatura dei mari sminuita rispetto ad età precedenti ma superiore all'attuale, e l'Istmo di Catanzaro, esistevano di già come oggi.

Ripidissime pendici a picco confinavano gli orli del terreno cristallino dei bassi fondi e delle isole emerse a Nord dello Stretto, e le vediamo oggi tuttora sovrincombere ai depositi marini di quelle età.

Anche la spiaggia di Palmi, Bagnara e Scilla esisteva presso a poco come oggi, ben inteso subacquea, poichè vi si addossavano le scogliere di Palmi ed i conglomerati di Ceramida e Sansone, salvo che a Bagnara e Scilla essa spiaggia poteva estendersi più d'ora verso il Tirreno, come alquanto più poteva estendersi la periferia del Capo Vaticano, e più vi si estendevano verso Nord i bassi fondi dei Monti Peloritani. La Sila formava un'altra isola ampia, che probabilmente l'odierna bassura di Soveria Mannelli non separava dal M. Reventino che è oggi l'estremità meridionale della Catena littorale di M. Cocuzzo. La detta isola non era però molto più estesa del perimetro attuale, perchè i terreni miocenici la girano quasi ogni intorno. La Catena littorale del Monte Cocuzzo, pur essa già formata tal quale, era divisa in almeno due isole, una minore in rispondenza al M. Scutari (1291 m.), una più lunga a Nord, dove pure rocce assai littorali del Miocene medio giungono alla quota di circa 1200 metri. La valle del Crati era certamente già ampiamente aperta, benchè nascosta dal mare.

La forma delle alture sottomarine o emerse Calabro-Peloritane era insomma sostanzialmente quella d'oggi. Quella asimmetria che oggi si osserva a Sud dell'Istmo di Catanzaro tra il versante Tirreno e quello Jonico esisteva sicuramente allora; anzi, forse, come già dicemmo, essa rimonta a tempi anteriori. Parmi questo un esempio chiarissimo per quanto forse inatteso, della persistenza dei rilievi montuosi e conseguentemente della grande antichità loro. Solo la piattaforma cristallina fra la regione che poi fu delle Lipari, la penisola odierna e la Sicilia, era alquanto meno estesa. Di terrazzi pari a quelli che si vedono adesso lungo il versante Tirreno, che seguano le successive piattaforme, subacquee, littorali, circostanti alla terra ferma, vi è traccia dunque nell'altipiano che tuttora forma lo spartiacque fra Jonio e Tirreno, sopra Cittanova, nell'altipiano di Staletti sull'Jonio [1], come osservava poi anche l'ing. Novarese [2], probabilmente nel residuo d'altipiano fra i monti S. Angelo e

[1] C. De Stefani, *Jejo, Montalto*, ecc., pag. 149.

[2] G. Di Stefano, *Il terr. calabro-siculo* ecc., pag. 18.

Caddia separati dal Calopinace lungo lo Stretto e negli altipiani di Bocchigliero e di San Giovanni in Fiore ad Est della Sila, ed in quello irregolare, così ridotto dalla azione subacquea del mondo ondoso nei periodi immediatamente precedenti, del Capo Vaticano simile al basso fondo esistente nel Capo di Milazzo durante il Pliocene ed al fondale oggi esistente ad Ovest del Capo Vaticano.

Le prove dell'emersione tornano evidenti al termine del Miocene.

Durante il Miocene superiore, anzi, emergevano sempre più i Monti Peloritani, già allora così bassi come oggi. Invero a Gravitelli, lungo la valletta della Fiumara Portalegni alle porte di Messina, il compianto Seguenza figlio (1), in mezzo ad argille palustri con filliti, raccoglieva una numerosa fauna di mammiferi, rispondente alla fauna del Casino presso Siena, di un Miocene superiore assai alto, l'esistenza della quale già era stata segnalata dal padre suo. Ne fanno parte *Semnopithecus*, *Gazella*, *Antilope*, *Tragocerus*, *Hippopotamus*, *Sus*, ecc. ecc.

Alcuni di questi vertebrati popolavano le foreste dei colli sovraincombenti; altri, come già gli *Anthracoterii* del Miocene inferiore di Agnana, frequentavano gli stagni del littorale e le acque marine contigue.

Notisi che tutti gli strati miocenici lungo lo stretto, sia dalla parte del Reggiano, sia dalla parte del Messinese, sono inclinati verso il mare. Perciò, quand'anche non si volesse riconoscere nello Stretto l'esistenza di una piega concava nella roccia cristallina che lo racchiude, conviene di necessità ammettere l'esistenza di una disposizione sinclinale regolare ed ampia negli strati terziarî che lo costeggiano da ambedue le parti (2).

Passiamo ora al Pliocene, il cui periodo merita attenta considerazione perchè accompagnò od immediatamente precedette l'apertura dei focolari vulcanici delle Lipari e l'apparizione di tutti i fenomeni concomitanti (tav. I). Comprendo ora nel Pliocene i soli terreni strettamente sincroni al Pliocene classico dell'Appennino, che è pure il più tipicamente conosciuto, cioè rispondenti alle sabbie gialle dell'Astigiano, alle argille turchine del Piacentino ed alle marne del Vaticano.

Notisi però che i terreni pliocenici dell'Italia più meridionale e della Sicilia hanno spesso caratteri litologici e paleontologici speciali, a cagione delle grandissime profondità nelle quali alcuni di essi si depositarono.

Gli strati precedenti, compresi quelli del Miocene, sono quasi sempre inclinati più o meno a ridosso delle contigue pendici cristalline, attestando che, posteriormente alla deposizione degli strati predetti, si verificò di due cose l'una: o le pendici antiche si sono sollevate per fenomeni permanenti di compressione e di ripiegamento, ovvero gli strati miocenici si sono abbassati, ciò che è meno verosimile, perchè nel

(1) L. Seguenza, *I vertebrati fossili della provincia di Messina.* P. II. *Mammiferi e geologia del piano Pontico* (Boll. Soc. geol. it. XXI, 1902). *Nuovi resti di mammiferi pontici di Gravitelli presso Messina* (Ibidem. vol. XXVI, Roma, 1907).

(2) Questa disposizione a sinclinale non è nelle idee del Franchi e di qualche altro geologo, chè espressamente si indica il conglomerato del Castellaccio, in Messina, come inclinato contrariamente allo Stretto e sottostante alle marne bianche, forse per mantenerlo nel Miocene. A me pare invece che la sua attribuzione al Miocene sia molto incerta (i fossili vi mancano affatto), e che proprio penda all'incontrario e sia sicuramente sovrapposto alle marne bianche probabilmente plioceniche e sicuramente pendenti verso lo Stretto.

versante Jonico e nella Sicilia questi formano pure alcune brevissime spieghe secondarie parallele a quelle antiche.

Gli strati pliocenici si presentano invece o solo leggermente pendenti dal monte al mare, o quasi orizzontali. Essi si presentano con disposizione e con caratteri diversi nei due versanti Jonio e Tirreno, affermando così la continuata asimmetria e la permanenza, almeno parziale, delle isole dell'Aspromonte, della Serra, della Sila e dei Peloritani e dei bassi fondi vicini.

Il calcare ad *Amphistegina* e le sabbie littorali del Pliocene formano banchi regolari, assai alti, a Sud, a Sud-Ovest, e ad Ovest del Montalto nei campi soprà Motta e al Monte Cordena a quasi 1000 m., e dalla quota di circa 800 m. in giù nella regione dello Stretto a Arasi, Terreti, Nasiti, Ortì, Calanna, fin quasi sugli orli della Piana. I loro strati, aderenti ed in parte sovrastanti alla roccia cristallina, in parte sovrapposti ad argille plioceniche di mare più profondo ed al Miocene, si allontanano dalle pendici cristalline fin per 5 km. verso il mare, con pendenza assai leggera dovuta ad originaria disposizione. La superficie degli strati, la quale combina coi materiali più resistenti, è ancora pianeggiante e regolare, e costituisce un altipiano, anzi una serie di altipiani a livello uniforme, perchè le fiumare incisero profondamente quel terreno sì facilmente erodibile, ciò che la denudazione subaerea non potè fare. Quell'altipiano risponde all'antico fondo del mare, e propriamente alla piattaforma littorale scavata in parte sul cristallino, in gran parte sul Miocene, e risponde a quel concetto di *pene-plaine* primitivo, conseguente alla primitiva emersione di un fondo marino ancora poco alterato dalle vicende atmosferiche, che il Davis, il Brauns ed altri secondo me con minore fortuna, tentarono applicare ad altre parti dell'Appennino. Quell'altipiano o *pene-plaine* forma in sostanza un terrazzo di origine pliocenica. La stessa origine e la stessa forma di terrazzo d'età pliocenica hanno i piani della Limina che formano la cresta dello spartiacque sopra Cittanova, e che separano il Montalto dalla Serra. Essi coprono in parte la piattaforma littorale miocenica che il moto ondoso aveva intagliato nelle vive rocce cristalline, resecando però anche i terreni eocenici del versante Jonico; senonchè gli strati miocenici sottogiacenti, contenenti spesso *Nulliporae*, hanno carattere di depositi alquanto meno profondi, attestando che, precedentemente o durante il Pliocene, la regione si era di alquanto abbassata.

Quella piattaforma pliocenica fu poi coperta da depositi sabbiosi littorali d'età postpliocenica, aventi la quota di 880 m., pei quali però manca ancora uno studio accurato dei fossili.

Quasi certamente rappresenta pure il littorale pliocenico l'ampia piattaforma, intagliata negli schisti cristallini, dei piani propriamente detti d'Aspromonte alla quota di 1000 a 1200 metri. Essa infatti continua e si fonde coi depositi pliocenici, poco più bassi, di Motta. Però la natura dei depositi che costituiscono il suolo di quei piani non è ancora, ripeto, sufficientemente nota: sembra che terreni marini vi manchino completamente.

Strati pliocenici consimili si ripetono nell'Istmo di Catanzaro, pur quivi orizzontali e costituenti pur essi una piattaforma sublitorale ed un *pene-plaine* primitivo. Essi pure sono coperti da strati più recenti.

Questi terrazzi devono aggiungersi a quelli rispondenti all'altipiano del Càpo Stallettì e del Capo Vaticano, avviati già quando essi formavano un alto fondo nel mare miocenico.

Al largo e più in basso lungo lo Stretto succedevano depositi marini più profondi, come a Vito e agli Archi presso Reggio, fino alla quota attuale di circa 800 m., dove le argille sono coperte da enormi massi angolosi franati dalla contigua costa di rocce cristalline, i cui interstizii sono riempiti da balani, da coralli isolati non costruttori. Così pure a Milazzo a Nord dei Peloritani, fin poco sopra il mare, è un calcare marnoso, compatto, uniforme, o collegante gl'interstizî di una breccia dei sottostanti micaschisti, con coralli e alcionari delle stesse specie degli Archi. A Sud dei Peloritani e dei monti di Taormina, nel sottosuolo dell'Etna il Pliocene è rappresentato da marne bianche di mare ancor più profondo.

Nel calcare ad *Amphistegina* e nelle sabbie lungo lo Stretto non conosco sieno *Nulliporae*. I cirripedi, i molluschi, le foraminifere appartengono a specie di mare poco profondo, sebbene non proprio appartenente alla più littorale zona delle laminarie o delle *nulliporae*. Per induzione dalla situazione dei pianalti superiori, come dirò, giudico che la profondità nella quale si fermarono quei fossili e quegli strati fosse dai 400 ai 500 metri.

Tenendo come massimo quest'ultima cifra, il littorale emerso cominciava dunque dall'attuale quota di circa 1300 m.: sicchè nel Montalto sopravanzava un'isola alta almeno 700 m., tenendo conto della denudazione atmosferica che da allora in poi può averla alquanto abbassata prima di ridurre la cima alla quota relativa attuale di 1958 metri. La periferia dell'isola poteva pure essere di alcuni chilometri più ampia dell'attuale, tenendo conto della erosione manifestata successivamente negli altipiani, che la ha ristretta. Perciò la profondità nella quale si depositavano le argille e le marne coralligene degli Archi e di Milazzo poteva arrivare a circa 1200 metri. Da ciò deriva che il monte Cocuzzo (1542 m.) e la Sila (M. Botte Donato 1930 m.) formavano isole emerse; ma la Catena littorale a sud del Cocuzzo era probabilmente divisa in piccole scogliere.

La Serra pure nel M. Pecoraro (1420 m.) probabilmente formava un isolotto; i monti Peloritani, nella parte settentrionale, rispondevano ad un basso fondo o, tutto al più, ad un breve scoglio attorno all'odierno monte Antennamare, oggi alto 1130 m.; e nella parte meridionale, nella Montagna grande ove gli schisti cristallini sono coperti dall'Eocene, e negli altri monti sovrastanti a 1200 m., costituivano un'isola.

Il Capo Vaticano anche, nel suo M. Poro (708 m.), formava un ampio bassofondo subacqueo. Tanto è ciò vero, che depositi marini profondi, dell'epoca, coprono la periferia dei Peloritani; che lembi di marne bianche a foraminiferi di mare aperto e assai profondo, reputate plioceniche, cingono qua e là il Capo Vaticano [1], mentre depositi sabbiosi più littorali, pur pliocenici, secondo osservazioni fatte dal Di Stefano, si trovano sull'altipiano del Capo, a Vena, circa 700 m. più in alto: e finalmente argille turchine di zona coralligena, ma alquanto più littorali delle precedenti, del tipo delle argille plioceniche del Piacentino, si trovano in fondo alla

[1] E. Cortese, *Carta geologica d'Italia.* Fogli di Nicastro, Palmi, Cittanova.

Valle del Mesima sotto S. Angelo e nei dintorni, secondo il Neviani (1), se pur non si tratta di Postpliocene, e coprono le pendici cristalline della Serra, sulla sinistra della valle del Mesima, a Monterosso, ad una quota di circa 250 m., perciò ad una verosimile profondità di almeno 1000 m. sotto il livello del mare d'allora (2).

Lungo il littorale Tirreno delle pendici attinenti alla catena littorale, il Di Stefano indica sabbie plioceniche solo a Diamante (3). È singolare questa scarsità di depositi pliocenici lungo tutto il littorale Tirreno, anzi Mediterraneo, dall'uscita dello Stretto di Messina fino in Liguria, e oltre, fino a Gibilterra; mentre lungo il littorale italiano dell'Jonio e dell'Adriatico il Pliocene forma una cintura continua e assai alta. Però quella scarsità sulla quale alcuni inopportunamente si fondarono per supporre degli sprofondamenti, non vuol dire mancanza, se non per la Corsica e per la Sardegna: infatti, in una quantità di punti del littorale italo-franco-ispano ed in talune isole, trovansi depositi pliocenici littorali e di mare profondo, i quali poi occupano gran parte delle vallate che sboccano al mare. La scarsa comparsa deriva probabilmente dalla poca estensione originaria dei depositi stessi nel versante Tirreno e dalla erosione assai agevole dei medesimi lungo i littorali.

Nelle sabbie plioceniche del Rio Vallanidi presso Reggio furono trovate ossa di un grande pachiderma colà affondato, proveniente da qualche isola vicina, se non proprio dall'adiacente isolotto del Montalto.

Le coste del terreno cristallino nel versante Tirreno fuori dello Stretto erano a picco e scendevano nel mare fino a grande profondità, poichè, come già dissi, la roccia antica non si manifesta, se non per raro ed eccezionale caso, nel mezzo delle depressioni. Lungo lo Stretto invece lo scisto cristallino scende declive sotto i terreni terziarî, e viene a giorno più volte lungo le fiumare e fin presso alle spiaggie di Reggio e di Messina.

Nel versante Jonio si trovano più scarsi ed a quote più basse (perciò anche con caratteri paleontologici alquanto diversi) calcari ad *Amphistegina* e a Briozoi (Gerace, Siderno). Più basse ancora, quasi a livello del mare, sebbene alquanto sol-

(1) A. Neviani, *Le formazioni terziarie nella valle del Mesima* (Bollett. d. Soc. geol. ital., 1887, pag. 175).

(2) Nella Piana io affermai non aver trovato il Pliocene. Il Seguenza e gli altri attribuiscono al Pliocene inferiore le marne bianche, le quali vi sono assai estese, fin per lo meno alla quota di 450 m. sotto Sinopoli, che sarebbero una formazione di mare profondo almeno 1000 a 1300 m.

Io non ho trovato ragioni per cambiare la mia opinione sull'età miocenica *a facies* Langhiana delle marne bianchissime, compatte, a strati distinti più o meno inclinati, che si trovano in fondo agli affluenti del Petrace. Il Cortese e il Di Stefano attribuiscono poi al Pliocene medio le marne azzurre con Gasteropodi di Seminara, Melicuccà, Sinopoli, ecc. I detti autori però non presentano se non un breve elenco di fossili di Sinopoli (Cortese, *Desc. geol. della Calabria*, pag. 167, nota 1). Osservo che quelle marne azzurre in parte, p. es. a San Procopio e Sinopoli, stanno sopra e non sotto alle sabbie che i detti autori pongono nel Pliocene superiore, e che i fossili son quelli stessi trovati altrove nel Postpliocene, al quale terreno appunto, in base ai fossili delle sabbie e delle argille, io attribuisco quegli strati.

In generale si osservi che la questione sull'età di quei terreni terziarii è tutt'altro che risoluta, essendo che in alcune descrizioni della Calabria, per mancanza, o per sfiducia nella paleontologia, si facciano confusioni fra terreni eocenici, miocenici, pliocenici e postpliocenici.

(3) G. Di Stefano, *Oss. geol. nella Calabria sett e nel circ. di Rossano*, pag. 91, nota 1).

levate a ridosso dei monti pei moti orogenici permanenti, trovansi argille marnose bianchissime le quali formano una zona lunghissima, continua lungo tutto il mare a Nord, anche oltre le Calabrie, la quale però a Sud termina nettamente presso la fiumara di Amendolea, a metà del versante meridionale del Montalto, senza penetrare nello Stretto, nemmeno dalla parte siciliana, e nel versante Calabrese del Tirreno. È una zona ricchissima di corallarii isolati, di molluschi e di altri fossili, con specie in molta parte illustrate dal Philippi e dal Seguenza, le quali presenterebbero ancora grande mèsse di novità allo studioso. Si ripetono tali e quali in Sicilia, anche nel Messinese fuori dello Stretto, e a Nord entrano in parte lungo la vallata del Crati; non corrispondono ai terreni ed ai fossili più tipici del Pliocene subappennino, poichè sono depositi di mare profondissimo che il sollevamento non fece ancora emergere altrove. Però hanno grandi affinità con le marne del littorale ligure in generale, di S. Ruffilo presso Bologna, del Vaticano a Roma, e con le marne poco o punto studiate che costeggiano l'Appennino romagnolo e marchigiano. La profondità della loro deposizione fu almeno di 1000 a 1300 m. sotto il mare.

È ben singolare che, pure a profondità eguali, questa formazione nella nostra regione non si ripeta nel versante Tirreno, dove altre formazioni — cioè scarse argille azzurre alquanto più littorali, e, secondo alcuni autori la marna ad ostracodi — la sostituiscono. Ciò contribuisce ad aumentare la dissimmetria fra i due versanti, e spiega come non le sole circostanze batimetriche, ma altre ancora regolino la distribuzione dei terreni e degli organismi nei mari, cosa ben nota nella sua sostanza, se non altrettanto nelle sue particolarità. La parte del mare Tirreno seguitava dunque a presentare circostanze fisiche differenti da quella del mare Jonio. Una delle circostanze che producevano diversa natura di depositi, maggiore ripidezza delle coste e maggiore attività di erosione nel versante Tirreno, era probabilmente l'assai maggiore ampiezza, non discompagnata da profondità, di questo mare rispetto all'altro, per modo che le onde provenienti da lontano e da mare profondo, allora, come oggi, avevano un'azione distruggitrice maggiore.

Non occorre forse nemmeno ammettere che i venti regnanti e dominanti fossero tanto diversi da oggi. Però il SO, vento di traversìa già assai potente, doveva essere anche più intenso d'oggi sul littorale Tirreno, poichè mancava il parziale riparo della Sicilia quasi per intero ancor sommersa o smembrata in piccole isole.

Sullo Stretto parrebbe che il mare fosse più tranquillo che non altrove, come è oggi, poichè dal lato Peloritano, come da quello Calabrese, le rocce cristalline scendevano verso il medesimo con più dolce pendìo, ed i terreni friabili del Pliocene e del Miocene vi si sono conservati più intatti.

Di terremoti in questo periodo ed in quelli anteriori non è il caso di parlare, perchè, naturalmente, quand'anche ve ne fossero stati, non hanno lasciato tracce riconoscibili oggi. Frane certamente ve ne erano state: ne sono probabile conseguenza in parte i grossolani conglomerati del Miocene, e più probabilmente ancora i colossali massi cristallini ruzzolati entro il mare in mezzo ai depositi argillosi a corallarî del Pliocene degli Archi, massi che mi ricordavano quelli caduti in simili circostanze in mezzo alle argille plioceniche con spongiarî ed altri fossili di mare assai profondo, di Borzoli presso Genova ed i massi nel Miocene del Torinese.

Stabiliamo intanto le seguenti conclusioni, limitandoci a quelle che ci sembrano meno controverse,

I terreni cristallini Calabro-Peloritani formano una catena antichissima la quale, se si accettano i concetti del Bertrand, farebbe parte delle catene *herciniche*, o, secondo quelli del Suess, delle *Altaidi* (1) di formazione precarbonifera, quantunque non si possano escludere movimenti più recenti, perchè, come sappiamo, strati Devoniani e più antichi sono implicati nelle pieghe coi terreni triassici e liassici alla periferia dei Peloritani.

Durante il Giura superiore la Catena era già formata come oggi, sebbene ancora subacquea. Secondo le osservazioni fatte dal Di Stefano nella Calabria a settentrione del Crati (2), la catena aveva cominciato a formarsi già prima del Trias, a mio credere come le Montagne Sardo-Corse, e come le Alpi Marittime, e ciò in accordo sostanzialmente con le precitate ossservazioni del Suess.

Durante il Miocene inferiore e durante il Miocene superiore essa era certamente in parte emersa.

Al termine del Pliocene vi erano quasi certamente 5 isolette (Aspromonte, Serra, Monte Cocuzzo, Sila, e la parte meridionale dei Monti Peloritani) (tav. I).

L'asimmetria fra i due versanti Jonio e Tirreno, verosimilmente dovuta a circostanze fisiche diverse dei due mari, cominciò a manifestarsi sicuramente almeno nel Miocene medio.

L'Appennino settentrionale e centrale, che già aveva cominciato a disegnarsi durante il Miocene, nel mare Pliocenico formava già pur esso isole più o meno ampie ed emerse.

In tali circostanze si apriva il periodo postpliocenico ed attuale, e si originavano i Vulcani delle isole Eolie (tav. I).

Intanto, dalle cose dette pure si palesa non essere esatta per la nostra regione la supposizione fatta dal Montessus de Ballore, che i terremoti si manifestino solo nelle catene montuose di recente formazione e manchino nelle catene arcaiche.

III.

Postpliocene.
Sollevamento della regione. Spostamenti delle spiaggie.

(Tav. I e IV).

Attribuisco al Postpliocene tutti i terreni più recenti del tipico Pliocene dell'Appennino settentrionale (Astigiano e Piacentino) e di terreni equivalenti. Sono terreni svariati, quasi speciali alla Sicilia, alle estremità meridionali delle due penisole italiana e balcanica, ad alcune isole Egee ed alla periferia settentrionale della costa Africana, e nelle carte geologiche recenti di Calabria e di Sicilia sono per lo più confusi col vero Pliocene, ma talora distinti come Pliocene superiore.

(1) E. Suess, *Das Antlitz der Erde*. Bd. III, Wien 1909, pagg. 117 e seg., pag. 250.

(2) Di Stefano, *Oss. geologiche nella Calabria settentrionale*, pag. 101, nota 2.

Nella nostra regione sono quasi sempre sabbie, di rado argille e conglomerati, più raramente ancora *panchine*. In questi terreni, tra i fossili mancano quasi tutte le specie glaciali artiche o affini a queste proprie di alcune zone dei dintorni di Palermo e della Puglia; e ciò dipende forse dalla batimetria e dall'andamento delle correnti fredde del Mediterraneo di allora, più ampiamente e più profondamente comunicante con l'Atlantico, e perciò fornito, nelle profondità, di temperature inferiori a quella di 12° C., che oggi ha.

Nel versante Jonio il Postpliocene, sabbioso, è molto esteso nel fondo del golfo, ora valle del Crati, e poco meno lungo il littorale della Sila (Neviani, Fucini, Di Stefano, Crema). È poi molto più scarso lungo il littorale della Serra San Bruno e del Montalto. Quivi, solo conosco le sabbie scure di Monasterace fino ad una quota di circa 150 m., quelle di Gerace e di alcuni luoghi vicini fino a poco più di 250 m., e qualche lembo fra 80 e 130 m. da Capo Palizzi a Capo Spartivento.

Nel versante dello Stretto e del Tirreno invece le sabbie coprono e circondano fino al mare i Monti Peloritani e le ultime pendici a levante di Reggio, con leggerissime pendenze da ambedue le parti verso lo Stretto. Nei Peloritani vi si aggiungono pure conglomerati sciolti, confusi con quelli miocenici.

Sabbie, e più in basso *panchine*, cioè sottili conglomerati cementati da calcare, nei dintorni del Pezzo e forse di Scilla, si ripetono lungo il mare. Sabbie, argille e talora conglomerati in banchi orizzontali o quasi, coprono qua e là il Capo Vaticano ed i colli di Pizzo e Monteleone, e a piè degli appicchi di roccia cristallina riempiono le depressioni della Piana e della Valle del Mèsima, a similitudine della Valle del Crati (tav. IV), ricoprendo gli strati pliocenici o miocenici di mare profondo discordanti ed inclinati. Riempiono pure l'Istmo di Catanzaro, fra i due mari; e la superficie loro, già fondo di mare, pianeggiante, imprime a quella regione il suo speciale carattere. Non ne conosco lungo il littorale calabrese tirreno più a settentrione. Sèguita così la dissimmetria costantemente notata fra i due versanti jonico e tirreno.

Le sabbie del versante occidentale tirreno, essendo prodotte dallo sfacimento di *gneiss* e di micaschisti, sono eminentemente quarzose e, in generale, silicee: essendo esse littorali, vi mancano gli elementi calcarei organici dei mari profondi, e sovente scarseggiano o mancano le conchiglie intere o frammentizie le quali possano provvedere qualche cemento calcareo; perciò quelle sabbie sono sciolte e conseguentemente franose più che le sabbie d'ogni altro terreno e d'ogni altro luogo d'Italia.

Nel versante jonico, invece, *gneiss* e schisti cristallini si trovano poco allo scoperto, e le pendici sono per lo più formate da rocce del terziario antico, meno friabili; sicchè le formazioni postplioceniche vi si formarono meno estese e meno sabbiose.

Se durante il Postpliocene le sabbie marine si accumulavano sulle pendici ai due lati dello Stretto, segno è che questo esisteva allora, come già prima, e che al principio del periodo era più aperto e maggiormente ampio che ora non sia. Perciò, il mito, cantato dai poeti greci e latini, dell'apertura dello Stretto in tempi storici od eroici, non può essere giustificato dalla geologia.

Del resto, durante la prima parte del Postpliocene la Sicilia era ancora, per grandissima parte, sommersa; nè si comprende come possa reggersi l'ipotesi di un congiungimento fra la Sicilia, la penisola italiana e l'Africa, ipotesi esposta quand

i predetti fatti non si conoscevano, quando nemmeno si conosceva l'estensione di strati postpliocenici marini nella Mauritania, nella Libia e nell'isola di Lampedusa e mentre la fauna postpliocenica di Malta esclude ogni continuazione materiale di quel gruppo d'isole con l'Italia o con l'Africa.

Durante il Postpliocene il sollevamento procedette rapidissimo. Il Pliocene, nei monti ad Est di Reggio, come si vide, è portato orizzontale, circa da 880 a 1000 m.; e poichè supponemmo che si fosse depositato almeno a 400 o 500 m. di profondità, conviene ammettere che il sollevamento postpliocenico ed attuale sia stato colà complessivamente di circa 1200 a 1500 metri. Nè ciò contraddice con le quote cui si trovano i depositi del Postpliocene. A poco meno di 600 m. si trovano a Santa Eufemia i conglomerati marini che passano tosto alle sabbie ed alle argille; a Sinopoli le argille bianche con foraminiferi a *Dentalium Delessertianum* Chenu, *Drillia modiola* Jan, *Nassae* di specie viventi, di mare abbastanza profondo, passano i 550 m.: esse non sono sottostanti, come apparisce nelle carte geologiche, ma sovrastanti alle sabbie del postpliocene recentissimo a *Modiolaria sericea* Bronn, *Pecten opercularis* L., *P. Jacobaeus* L., *P. multistriatus* Poli, *P. varius* L., *Argiope decollata* Chemn, ecc., di San Procopio. Supponendo anche questi depositi formati da 300 a 500 m. di profondità, si dedurrebbe da essi pure un sollevamento di 1000 a 1100 metri.

Secondo le carte dell'Ufficio geologico i depositi postpliocenici si trovano alle medesime altezze nel versante Jonio nel Cotronese dove passano la quota di 550 m. nei dintorni di Belvedere Spinello, come la passano in più tratti della vallata del Crati. Le sabbie ed i conglomerati passano i 700 m. sullo spartiacque fra il Crati che va all'Jonio ed il Savuto che scende al Tirreno, nei dintorni di Rogliano.

Già durante il Postpliocene i varî isolotti della Catena littorale di Monte Cocuzzo si univano fra loro, e questa si univa alla Sila per l'alzamento dello Stretto di Rogliano; così si univano prima l'Aspromonte e la Serra e, in seguito, anche il Capo Vaticano (tav. IV).

Un poco più a settentrione, e già fuori dai terreni antichi, ed in gran parte fuori di Calabria, in mezzo ad una cintura di terreni mesozoici emersi, in un'aerea nella quale il sollevamento cominciava a diventare meno rapido, dalla quota attuale di circa 700 m. si affondava il bacino lacustre quaternario del Mercure, ove la presenza delle *Dreissenae* negli strati inferiori non escluderebbe che l'acqua fosse talora salmastra per qualche temporanea, intermittente comunicazione col mare.

Alla fine del Postpliocene i golfi, già prima profondi, della Piana, delle Valli del Mésina e del Crati, furono riempiti, e lo Stretto di Catanzaro divenne un Istmo, di modo che per la prima volta l'Aspromonte e la Serra furono riuniti al rimanente della penisola italica. D'altra parte la Sicilia, pure rapidamente sollevatasi, era diventata un'isola ragguardevole.

Già prima della fine del Postpliocene, secondo l'attestazione dei Seguenza, ippopotami diguazzanti nei paludi littorali, ed elefanti, lasciavano ossami nelle sabbie di Gravitelli presso Messina, ed elefanti anche nel Quaternario antico del Faro superiore.

Solo lo Stretto di Messina rimaneva tal quale, soltanto meno largo e meno profondo, a separare la Sicilia dall'Italia.

Tracce di depositi glaciali, nemmeno nel Montalto e nella Sila se ne conoscono. Oltre che queste montagne, come le altre cime minori, erano affatto isolate e situate in mezzo ai mari, esse erano forse troppo basse, prima dei sollevamenti attuali, per dare ricetto a ghiacciai.

Traccie di sollevamenti, anche attuali, della regione, non ne mancano, anche all'infuori d'ogni argomento geologico, sebbene la cura degli osservatori siasi rivolta di rado a questa materia.

Panchine recentissime si trovano a levante, verso l'Jonio, nel Cotronese fra Capo Colonne e Capo Rizzuto (Cortese), poi a piedi della Serra; le vidi fra lo Stilaro e l'Allaro, a poca lontananza dal mare, e fino ad un'altezza di circa 90 m., in scarsi lembi interrotti in via di scomparire. Altri piccoli lembi più compatti ne trovai a ponente, sul Tirreno, fra il Pizzo e Bagnara, a ridosso del Montalto; altri fossiliferi vidi presso Bivona a Nord del Capo Vaticano, ed altri ne sono a Diamante a piè della catena del M. Cocuzzo, fino a circa 4 m. sul mare. A piè di questa notansi pure fori con *Lithodomus* sulle pareti dolomitiche di Praja d'Ajeta fino a circa 8 m. sul mare, nell'isoletta di Dino, al Capo di Scalea, alla Pietra tagliata (Cortese).

Nei calcari al Capo di Scalea, in tempo più recente, dopo ulteriore emersione, in grotte probabilmente scavate dal mare, a 5 m. sopra questo, esplorate da B. Del Giudice, si accumularono brecce di numerosi animali terrestri (*Felis pardus* L. raro, *Hyaena spelaea* Goldf. rara, *Ursus spelaeus* Blum. raro, *Rhinoceros Mercki* Kaup. raro, *Sus scrofa ferus* Rütim. *Hippopotamus Pentlandi* Falc. raro, *Equus caballus* L. comune, *Bison priscus* Boj. comune, *Cervus elaphus* comune *Ovis aries* L., *Capra hircus* L., *Testudo graeca* L.) con tracce della più antica industria umana. È possibile bensì che il Capo, oggi quasi isolato dall'azione dei flutti, fosse allora più estesamente unito a terra.

Gruppi e lenti di sabbia cementata a uso *panchina* si trovano anche nella mezza luna del Porto di Messina ed in qualche punto della spiaggia Peloritana lungo lo Stretto; ma si originano tuttora talvolta sotto il livello del mare, e non sempre sono rialzati sopra il medesimo.

Chiari sollevamenti sono però indicati dagli autori nelle rocce del littorale Peloritano a Sud di Messina.

Altri indizî di sollevamento si hanno nelle elevate linee di spiaggia marina che dovunque si osservano, prescindendo dalle dune e dalle spiaggie sabbiose le quali per lo più grandemente si avanzano verso il mare; ciò che può esser dovuto in gran parte anche ai fenomeni di interrimento e di riempimento da parte delle fiumare terrestri e del moto ondoso del mare. All'imboccatura siciliana settentrionale dello Stretto, secondo quanto narra lo Spallanzani, la torre del Faro, danneggiata dal terremoto del 1783, era stata costruita nel XVI secolo in sostituzione di un'altra che era rimasta dentro terra e che egli trovò in mezzo a vigne. Dopo quel terremoto, in 30 anni, la spiaggia del Capo Peloro si sarebbe avanzata di più che 200 piedi, ed il nuovo Faro, dopo il terremoto predetto, sarebbe stato costruito più avanti verso il mare (1), non più lontano da questo, come ritengono il Cortese e il Di Stefano, i quali

(1) L. Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie*, capitolo XXXII.

affermarono trattarsi di un ritiro della terra piuttostochè di un graduale insabbiamento ed avanzamento.

Sulla costa calabrese, a Favazzina, tra Scilla e Bagnara, secondo l'Issel, in 10 anni la spiaggia si estese di 50 metri.

In moltissimi punti lungo il Tirreno si osservano antiche costruzioni, scogli e isolette, un tempo circondate dal mare, oggi entro terra. Così è del Castello di San Lucido (Cortese); così dello Scoglio Caputo, oggi in secco a Sud della foce del Savuto, mentre al principio del 1800 era in mezzo al mare (1). Secondo il Salmojraghi, paragonando le carte geografiche recenti con quella pubblicata dal Zannoni, del 1808, si noterebbero in più punti prove di interrimento e di avanzamento delle spiaggie costeggianti la catena littorale della Calabria Citra. Nella grotta del Palombaro presso il Pizzo si penetrava un tempo con la barchetta, cosa oggi impossibile. Il castello di Bivona, eretto circa nel secolo XIV in mezzo al porto per difesa contro i Turchi, è oggi lontano dalla battigia del mare circa 750 metri.

La Torretta di Briatico, che nella seconda metà del secolo XVIII era sopra uno scoglio a 5 m. dalla spiaggia, alla fine del secolo scorso era interrata.

Gli scogli miocenici di S. Leonardo e della Madonna dell'Isola di Tropea, un tempo isolati nel mare, da una quarantina d'anni sono riuniti alla costa. Altri scogli fra l'antico telegrafo e la punta dei Rosci presso Bagnara, furono da circa 40 anni presi entro terra (Cortese). Questi fatti potrebbero attribuirsi a semplici interrimenti o a variazioni di regime della spiaggia: ma coordinandoli col sollevamento evidente delle prossime *panchine* attuali, sono indizio pur essi di un continuo sollevamento, indizio che ad ogni modo mancherebbe se la regione fosse generalmente in balìa di un abbassamento.

Nello stesso tempo che procedette e procede nelle rocce compatte l'opera costruttrice del sollevamento e del riempimento, procede attiva l'opera distruttrice della demolizione subaerea e marina; dalla quale anzi il Salmojraghi trasse qualche semplice dubbio — non fondato su fatti sicuri e, secondo me, ingiustificato — che almeno in tempi storici, rispetto a quelli anteriori ed a quelli attuali, si fosse verificato qualche parziale abbassamento sulla costa della catena del Monte Cocuzzo nella Calabria settentrionale, circostanza pure esclusa dal ritrovamento delle brecce ossifere e dei resti umani preistorici sopra il livello dei Litodomi al Capo di Scalea.

Gli abbassamenti e i franamenti del littorale, come pure quelli delle pendici sottomarine, sono frequentissimi e dovuti a cause molteplici, specialmente lungo lo Stretto e nel versante tirrenico, a settentrione. Essi sono molto più numerosi che gli autori ordinariamente non accennino, e contribuiscono a mantenere la dissimmetria fra il versante Tirreno e quello Jonio.

Io non accennerò, ora, se non alcuni di quelli indipendenti dai terremoti, riserbandomi di parlare della pur numerosa serie che è in rapporto coi sismi, al capitolo IX. Però, per non fare ripetizioni inutili, si intenda qui ripetuto quello che dirò più tardi, quando parlerò pure della statica dei terreni littorali e delle cause che ne producono il franamento e l'arretramento.

(1) F. Salmojraghi, *Terrazzi quaternarii sul littorale tirreno della Calabria Citra.* (Boll. Com. geol. ital., vol. XVII, 1886, Roma, pag. 298).

A settentrione, fuori dello Stretto, in più tratti del littorale tirreno odierno, al Pizzo e al Capo Vaticano, e meglio ancora negli appicchi dello *Gneiss* da Gioia Tauro a Cannitello a piè della Catena del Montalto, la costa scende alta e quasi a perpendicolo in mare profondo: causa l'instabilità d'equilibrio della roccia, man mano che essa superficialmente si altera, continue frane precipitano in mare e fanno arretrare la costa, sebbene questa seguiti ad innalzarsi.

Nello stesso tempo viene formandosi la piattaforma di nuovi terrazzi sottomarini.

Il Fortino Garibaldi e la Batteria di Torre Cavallo fra la Marina di Porticello e Scilla da tempo sono franati sul mare. Varie frane della costa a picco fra il Porticello e Favazzina sono recenti, sebbene anteriori ai terremoti avvenuti dal 1894 in poi.

Il flutto ingoia le frane che scendono dalle coste rocciose, e ne distribuisce i materiali al largo, preparando lo spazio e il modo per nuove cadute.

Sul littorale Calabrese, a cominciare dalla parte settentrionale dello Stretto a Villa S. Giovanni, la spiaggia marina lentamente si avanzava sul mare; ma 5 o 6 anni fa, per lavori intrapresi nel Porto, essendo arrestato il rifornimento dei materiali provenienti da Sud, essa cominciò ad arretrarsi a Nord del Porto stesso. Più a settentrione ancora, nella contrada la Volta, il mare si è avanzato, in tutto, circa 75 m.

Anche più a Nord, alla marina di Porticello, si constatano arretramenti della spiaggia (1), che credo temporanei e saltuarî e che secondo me ingiustamente sono attribuiti alla costruzione del Porto di Villa S. Giovanni.

Sulla spiaggia costituita da antica conoide ghiaiosa alluvionale di Pentimele e di Santa Caterina a Nord di Reggio, i marosi vanno distruggendo e distrussero anche di recente aranceti e case. Nel Porto Vecchio, sulla spiaggia dei Giunchi, alla foce dell'Annunziata o Lumbone un Fortino è scomparso da meno di 50 anni a questa parte; come la spiaggia rispondente alla Sanità o Fontana Rossa in Reggio (Carbone Grio); come il Belvedere lungo la ferrovia, ed il nuovo Macello lentamente franati e rotti; come il Castello nuovo, il quale ancora nel 1848 poteva esser girato dalla parte di terra.

Davanti a Reggio la spiaggia fu sempre soggetta ad avvallamenti e franamenti. Il 16 dicembre 1562, indipendentemente da qualsiasi terremoto, sprofondò in mare per 1 miglio la spiaggia che era tra la Foce del Calopinace e la Punta di Calamizzi, alle porte di Reggio, a Sud, con case, giardini e vigne.

Pure da Calamizzi, a confine del Comune di Reggio con Gallina, a San Gregorio sul confine tra Gallina e Pèllaro ed ivi presso ai caselli ferroviarî 468 e 464 che oggi sono lambiti dal mare, la spiaggia a volte si ritira, secondo che vince la fiumara di S. Agata o il mare.

Da S. Gregorio a confine con Gallina, lungo tutto il littorale del Pèllaro fino a Lazzàro, nel confinante comune di Motta S. Giovanni, la spiaggia si modificò continuamente, con eventuali periodici arretramenti. Piccole dune, come più a Sud verso le Saline e Mélito, precludono piccoli stagni che vennero frequentemente invasi dalle onde. Campi, giardini e case vennero nel passato secolo sommersi; e tuttora, verso la Punta del Pellaro, fanno vedere in mare un pozzo che era prima una ventina di

(1) V. Novarese, *Il terremoto del 28 dicembre 1908 in Reggio Calabria e provincia.* (Boll. R. Com. geol., Roma, 1909, vol. XL, pag. 493).

metri dentro terra ed è probabilmente quello stesso che il Cortese aveva veduto entro terra ancora nel 1881 mentre, dopo, già era lambito dal mare (1).

Colà dopo lungo periodo di mare calmo la spiaggia, rifornita, avanza, per ripердere poi in conseguenza di burrasche e delle forti correnti, come ritengono i marinai del luogo e come infatti si verificò anche per una mareggiata dell'8 gennaio 1910 che fece sparire un tratto della via provinciale con terreni e case; è possibile che in rispondenza al promontorio sabbioso della Punta di Pellaro, se le correnti non fossero tanto variabili ed il mare così burrascoso, e qualora questo non fosse tanto profondo, si formerebbe un'ansa paragonabile a quella di Messina, esistendo colà un cambiamento nella direzione della spiaggia e la presenza di correnti assai fornite di materiali.

Delle notevoli variazioni che si manifestano lungo il littorale Messinese, specialmente per effetto dei terremoti e dei maremoti, discorrerò poi.

Nel versante jonico, a nord dell'istmo di Catanzaro, le tre torri delle Castella a Capo Rizzuto sono scomparse; dicesi che i ruderi della scuola di Pitagora al Capo Colonne formino ora una secca a 500 m. dalla spiaggia (Issel). Ritengo per certo che pur la costa rocciosa di Capo Bruzzano sia in via di arretramento.

Il Cortese trasse partito dagli scalzamenti e franamenti della spiaggia sabbiosa lungo lo Stretto, per indurre l'esistenza di un movimento d'altalena, cioè di un abbassamento generale della regione dello Stretto a contrasto col sollevamento da lui supposto soltanto a Nord. Ma giustamente De Lorenzo e Di Stefano (2) fecero osservare che quei fenomeni limitati alla spiaggia più esterna, come ogni altro fenomeno di frana o di assettamento di materiale detritico, non infirmano il fatto del sollevamento generale di tutta la regione.

Nondimeno, quei franamenti littorali, per le correnti marine e per il moto ondoso, hanno importanza in quanto, e ora e nel passato, possono mettere a contatto terreni d'età un poco diversa; in quanto vietano o per lo meno ritardano il naturale avanzamento orizzontale della spiaggia sabbiosa ed in quanto mantengono ampio lo Stretto, rallentano il riempimento del medesimo, e ritardano gli effetti del sollevamento.

IV.

Pianalti littorali. Morfologia subacquea dello Stretto. Natura del fondo.

(Tav. II).

Nella parte Siciliana dello Stretto non appaiono evidenti terrazzi, i quali si manifestano più a Sud del Capo S. Andrea presso Taormina, diventando sempre più regolari, sebbene mai così alti ed estesi come quelli Calabresi, fino al Capo Passero.

Diversamente si verifica in Calabria.

Come continuò nel Postpliocene, continua quivi ora la formazione dei terrazzi rispondenti alle piattaforme subacquee littorali. Quelli, cominciando dai terrazzi più

(1) Cortese, *Descr. geol. Calabria,* pag. 50.

(2) G. Di Stefano, *Il terr. calabro-siculo nel 1894,* pagg. 15 e seg.

alti, da 800 m. in su, già erano stati disegnati nel Pliocene; mentre altri, di basso fondo, come alcuni lungo lo Stretto e come quelli del Capo Vaticano, del Capo Stalletti, di Bocchigliero, di S. Giovanni in Fiore, rimontano al Miocene.

Abbiamo già detto che alcuni pianalti o residui di pianalti, più elevati, dell'Aspromonte (Monte Cordena 1000 m.), Nasiti, Ortì, Calanna (800 m.), della Limina (880 m.), rappresentano le piattaforme littorali del Pliocene.

Scendendo dall'Aspromonte verso NO s'incontrano successivamente, incisi nella roccia cristallina, cinque pianalti più o meno estesi, che son sei con l'Aspromonte stesso e sono l'uno dietro l'altro: 1°) i piani di S. Anastasio, S. Domenico e Cavallero; 2°) piano delle Pagliare; 3°) piano della Chiusa, che, insieme coi due precedenti, oltre la fiumara Còvola sèguita nei piani fino a Palmi; 4°) piano del paese di Pellegrina; 5°) piccoli piani di Scilla, Bagnara e luoghi vicini. In realtà questi piani in un punto o nell'altro fanno passaggio graduato da questo a quello, o si possono viceversa suddividere in altri pianalti ad altezze intermedie.

Le stesse piattaforme, ad altezze minori, si trovano in tutto il versante Tirreno della Serra e del Capo Vaticano, e, con altezze ancora minori, sotto 650 m. lungo il littorale tirreno del monte Cocuzzo. Esse sono tutte, naturalmente, pendenti un poco dal monte al mare.

I pianalti inferiori ad 800 e a 1000 m. (e sono tutti quelli nominati sopra ed i loro corrispondenti) trovansi sotto le quote dei terreni pliocenici ed all'infuori di questi; non possono perciò appartenere al Pliocene, ma rappresentano altrettante successive piattaforme ed altrettanti stadî di sollevamento della terra postpliocenica. Infatti, limitandoci ai piani del littorale d'Aspromonte, i più bassi e più ristretti, fra Cannitello e Scilla, sono coperti dalla *panchina* recentissima, quasi attuale: il piano 2° è coperto da sabbia marina postpliocenica: il 3°, 4° e 5° resecano lo *gneiss* che apparisce allo scoperto in parecchi tratti, specie nell'alto dove per tempo la denudazione lo ripulì da quanto lo copriva; resecano inoltre il miocene di Ceramida e, più in basso ancora, la sabbia postpliocenica. Questi pianalti dunque, anche per tali circostanze, sono sicuramente recenti: sono cioè posteriori alla deposizione dei primi strati postpliocenici. Non in tutti i punti ne fu studiato il suolo avventizio che spesso prima di incontrare la roccia cristallina è più o meno alto. La superficie è quasi uniformemente coperta da una terra rossa feracissima, una specie di *loess* con molluschi terrestri attuali, che per lunghe età preistoriche fu base ad una vegetazione lussuriosa, e che è un prodotto di alterazione delle rocce cristalline locali e delle finissime sabbie postplioceniche sottostanti, che a Seminara, Palmi, Scilla ecc., benchè molto alterate, appaiono talora assai alte.

Il prof. Millosevich, a mia preghiera, esaminando quel *Loess* di Scilla alta, come anche la terra rossa recente del piano Mosella a Messina, vi trovò infatti Biotite abbondante, Muscovite rara, Ortoclasio abbondante, Plagioclasio meno, e alquanto Quarzo; nel *Loess* di Scilla son pur traccie di Magnetite, Zircone, Apatite.

Vi si aggiunsero polveri di trasporto subaereo e talvolta rare ceneri eruttate dalle vicine Lipari e dall'Etna: infatti queste furon notate più volte cadere a Messina lungo lo Stretto; assai lontano, anche in Calabria caddero sottilissime ceneri eruttate dallo Stromboli nell'agosto 1912.

Il Cortese suppone che i terrazzi ne' terreni cristallini sul littorale rispondano a stadî di sollevamento alternanti e saltuarî (1); ma io avevo già mostrato che si possono spiegare secondo la situazione successivamente raggiunta dalle coste anche con un sollevamento graduale e continuo, abbastanza rapido, se pur non uniforme (2): a questo concetto risponde anche la sicura continuità dei pianalti sovrapposti da qualche tratto all'altro.

Il Salmojraghi sospettò che almeno i terrazzi littorali più bassi lungo la catena del M. Cocuzzo fossero conoidi subaeree di deiezione torrenziale incise dagli stessi torrenti e mutilate dall'erosione marina (3). Ma, tenendo conto dei fatti già noti, giustamente si oppose a questo concetto il Cortese (4).

Lungo le fiumare, specialmente nelle pendici Reggine sullo Stretto e specialmente poi nella Valle del Crati, vi sono terrazzi più bassi, intagliati nel Miocene ma specialmente nelle sabbie postplioceniche, e coperti da alluvioni ghiaiose torrentizie, pur esse superficialmente alterate ed arrossate. La natura franosa del suolo però fa sollecitamente scomparire varî di questi terrazzi, dei quali rimane qua e là qualche testimonio isolato.

Nel versante Jonio si può dire che i terrazzi marini manchino, lungo mare, a Sud dell'Istmo di Catanzaro; sono rari, poco distinti e bassi a Nord a piedi della Sila, dove resecano strati pliocenici e miocenici.

I varî terreni, anche quelli pliocenici, vi sono ordinariamente sollevati con inclinazione ben manifesta dal monte al mare; mentre nel versante Tirreno, dal Pliocene e forse dalla fine del Miocene in poi, il sollevamento sembra manifestarsi in modo orizzontale. Questo è il fatto; non tenterò spiegare la nuova curiosa dissimmetria dei due versanti, che a sua volta ne deriva: si tratta di un movimento di compressione di strati dal lato dell'Jonio verso il versante Ovest, compressione che non pare verificarsi nel versante opposto; o di un movimento di rotazione dell'asse della piega principale verso Est nell'atto stesso che si innalza, o di altro?

Intanto la presenza dei terrazzi rincalza e completa la storia del sollevamento attuale della regione e specialmente del tratto di essa più soggetto a terremoti.

L'ipotesi, tante volte ancora ripetuta, che la regione presentemente si abbassi e sia soggetta ad uno sprofondamento, ipotesi manifestata dal Suess (5) quando egli non conosceva ancora i fatti ora esposti, è dunque una ipotesi da escludere completamente.

Un sollevamento di 100 m. dal fondo marino così com'è oggi, basterebbe a riunire definitivamente la Sicilia alla Penisola, ed è l'unico avvenimento logicamente prevedibile in un ciclo geologico quanto mai prossimo. Esso sarebbe accompagnato

(1) G. Cortesi, *I terrazzi quaternarii del littorale tirreno della Calabria* (Boll. Com. geol ital., XVII, 1886); *Descr. geol. della Calabria*, 1905, pagg. 181 e seg.

(2) De Stefani, *Jejo, Montalto*, ecc., pagg. 257 e seg

(3) Salmojraghi, *Terrazzi quaternarii*, pag. 314.

(4) E. Cortese, *I terr. quat. del litt. tirreno della Calabria*, pag. 480.

(5) E. Suess, *Ueber den Bau der italienischen Halbinsel* (Sitzb. d. k. Ak. d. Wiss. math nat. Kl., LXV Bd., 1872, pag. 217); *Die Erdbeben des südlichen Italien* (Denkschr. d. k. Ak. d. Wiss. math. nat. Kl., XXXIV Bd., 1874); *Die Entstehung der Alpen*, 1875; *Das Antlitz der Erde*, vol. I, cap. II, III, IV.

da un riempimento o insabbiamento maggiore delle spiaggie Calabresi per modo che queste si avvicinerebbero a quelle Siciliane più rapidamente che non queste a quelle.

Un sollevamento di 250 m., metterebbe in secco tutta la regione dello Stretto dall'altezza fra l'Acciarello in Calabria e la fiumara dell'Annunziata in Sicilia a mezzogiorno, per un ampio tratto fino all'altezza di Bagnara in Calabria ed a poco più di 7 chilometri a NE della Punta del Faro a settentrione, con un golfo fra quest'ultima regione allora emersa ed il prolungamento cristallino dei monti Peloritani a ponente di essa. La regione così emersa somiglierebbe, salvo la diversa direzione geografica, all'istmo di Catanzaro e, un poco meno, alle valli del Mesima e del Crati.

Il tratto più breve fra Cannitello ed il Faro risponderebbe presso a poco al tratto che passa fra Maida e Tiriolo nell'Istmo suddetto. Nel tratto suddetto le rocce cristalline si troverebbero nella loro maggiore vicinanza. A questi tratti forse in ambedue le regioni risponde una soglia pur cristallina, non molto profonda: e da quei tratti lo spartiacque scende molto lentamente verso i due opposti mari.

Infatti il Taramelli mostrò che le pendenze lungo l'asse dello Stretto, secondo gli scandagli del 1877, dalla cresta più alta verso NE, è a principio, fino ai fondali di 200 m., del 6,67 %; poi fino a 400 m. va lentamente diminuendo fino a 1,9. Verso SO le variazioni sono irregolari; dal 3,3 % fra 100 e 200 m., diventano del 10 da 500 a 600 m. e da 700 a 800, per poi diminuire di nuovo e ridursi dell'1,5 fra 1000 e 1100, e fra 1200 e 1300 (1).

Pareti in parte cristalline cingerebbero il nuovo Istmo dello Stretto dalla parte Calabrese fra Cannitello e Bagnara, come oggi cingono l'Istmo di Catanzaro. Terreni probabilmente terziarî coperti dal Quaternario e da sabbie attuali formerebbero il lato Siciliano del nuovo Istmo in continuazione del Faro. Il fondo del nuovo Stretto sarebbe costituito, come è quello di Catanzaro, da strati sabbiosi e ghiaiosi e inferiormente argillosi, quaternarî ed attuali, assai debolmente inclinati, ricoprenti probabilmente strati postpliocenici e pliocenici o forse anche miocenici, poi la roccia cristallina (2).

Infatti i materiali grossolani trascinati al mare dalle fiumare lungo lo Stretto, e quelli franati sul mare, specialmente quelli che scendono da coste ripide in mare profondo, sono portati al largo dalle correnti.

Le correnti nello Stretto e nelle adiacenze, per effetto dell'alternare delle maree a quando a quando rafforzate dalle differenze barometriche e dai venti, portano anche ghiaie del diametro di parecchi centimetri, ed hanno azione fino a profondità notevoli.

Perciò i materiali sciolti franati possono essere portati molto al largo dalle spiaggie meridionali dei Peloritani e del Montalto lungo lo Stretto verso Sud e fuori

(1) T. Taramelli, *Sull'esame dei saggi di fondo nello Stretto di Messina* (Rel. della Comm. Reale ecc., 1909, pag. 121); *Sull'origine dello Stretto di Messina* (Atti Soc. ital. per il progresso delle scienze. Riunione III. Roma 1910, pag. 8).

(2) Questa è la mia precisa opinione: ed inesattamente la interpretò il Taramelli nelle due opere ora citate, attribuendomi l'idea manifestata dal Cortese che la roccia cristallina formi non il fondo, ma l'immediato suolo dello Stretto. A quella opinione dedicai uno speciale paragrafo. *Sulla possibile natura e disposizione delle rocce in fondo allo Stretto,* in C. De Stefani, *Studi geol. per la galleria ferr. a traverso lo Stretto,* pagg. 18 e seg.; *Escurs. scient. nella Calabria,* pag. 279, nota 1.

dello Stretto verso Nord (1) dalle correnti che ivi sono assai forti e che si ritengono essere una continuazione di quelle dello Stretto (2); tant'è vero che la diffusione delle sabbie e delle ghiaie verso Nord accenna appunto ad un immediato prolungamento dei depositi ghiaiosi e sabbiosi dello Stretto medesimo. (V. Tavola II).

Gli scandagli antichi e recenti fatti dalla R. Marina nello Stretto e nei suoi dintorni hanno raccolto ghiaie e ciottoli in moltissimi punti di grandi profondità e lontani dalla spiaggia. Quei materiali lungo lo Stretto ed appena fuori, provengono tutti, direttamente o per via di conglomerati d'età successive, dalle rocce cristalline Calabro-Peloritane; solo il Salmojraghi trovò fra Gallico e Gazzi residui vulcanici i quali, come le Pomici, provengono dalle Lipari e sono introdotti dalle correnti *discendenti*: i Pirosseni ed altri elementi possono derivare anche dall'Etna, trascinati dalle correnti o dai venti. La caduta di polveri vulcaniche dell'Etna e dello Stromboli, e così sarà anche di Vulcano, fu più volte notata in Messina.

Gli scandagli fatti nel 1° trimestre del 1909 (3) dalla R. Marina, subito fuori dello Stretto, al largo di Bagnara, a profondità di 273 m. trovarono ciottoli di roccia cristallina. Coerentemente a quelli, il Platania aveva indicato, ivi prossime, ghiaie del diametro di 3 e più cm., il cui trasporto per opera di correnti è confermato pure dai corrodimenti che si manifestarono più e più volte prevalentemente durante la stagione invernale e con maree sizigiali, riscontrate nei risarcimenti dei cavi telegrafici (4) collocati fra Ganzirri e Cannitello e fra Torrebianca e Bagnara in fondali di 120 m. e più dalla parte della Sicilia.

Di fronte a Ganzirri trovaron ghiaia grossa a m. 158, e ghiaia minuta poco più a Sud a metà dello Stretto, a m. 94 anche gli scandagli del 1909.

Questi poi raccolsero ciottoletti fin di qualche centimetro in tutti gli scandagli fra il Porto di Messina ed il mezzo dello Stretto, da 275 a 360 m. di profondità.

Ghiaie ellissoidali o discoidi, per lo più di forma irregolare, in parte coperte da organismi marini, con diametro di cm. 1 a 5, furono raccolte nel 1904 nel riparare il cavo telefonico ben poco più a Sud fra Gallico e Gazzi presso Messina, a circa m. 500 da questo luogo e a profondità di 150 m. Queste ultime ghiaie, come le precedenti, sono di rocce cristalline dei Monti Peloritani (5), e possono in certo modo far parte ancora dei conoidi della prospiciente fiumara, dai quali poi sono trascinate al largo verso Nord. La presenza di queste ghiaie conferma che la costruzione della *falce* del Porto di Messina è opera delle correnti.

Gli stessi scandagli indicarono ghiaie irregolari, provenienti dalle fiumare, poco

(1) O. Marinelli e G. Platania. *Della corrente litorale del Mediterraneo con particolare riguardo alla costa orientale della Sicilia.* (Memorie geografiche, Firenze, 1908).

(2) Ufficio idrografico della R. Marina. *Portolano delle coste d'Italia.* Fasc. I, pagg. 5, 7. Genova, 1904.

(3) E. Tacconi, *Esame sommario dei materiali.* T. Taramelli, *Relazione sull'esame dei saggi di fondo nello Stretto di Messina.* P. Marzolo, *Relazione sui risultati degli scandagli eseguiti nello Stretto di Messina.* (Rel. d. Comm. R. per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908. Roma, 1909, pag. 123.

(4) G. Platania, *I cavi telegrafici e le correnti sottomarine nello Stretto di Messina.* (Atti R. Acc. Peloritana XX. Messina, 1905).

(5) F. Salmojraghi, *Di alc. saggi di fondo.* pag. 700, 714).

lungi da terra rimpetto Galati in Sicilia a m. 178 e 223 incrostate da organismi. Ciottoletti minuti si trovarono, a m. 593 al largo delle Sbarre di Reggio; più a Sud, presso la spiaggia di Giampilieri in Sicilia, a m. 138, e più al largo a m. 921, ed oltre la metà dello Stretto, più verso la costa Calabra, a m. 1017. Notano poi ghiaie minute più a Sud, al largo di Lazzaro in Calabria a m. 379, e ghiaia grossolana a m. 876; e più a Sud ancora quasi in mezzo allo Stretto, a m. 1158, con rivestimento di anellidi, ed a m. 1280. Più verso la Sicilia son ghiaiette minute a m. 1136 e 982, e desse si ripetono al largo di Capo delle Armi a m. 1102. Più a Sud, quasi fuori dello Stretto, e in mezzo, in alcune delle grandi profondità, a plaghe isolate, son ghiaie grossolane a m. 1485, sottili a m. 1405 al largo di Taormina. Queste, che il Tacconi, come le altre, attribuisce a materiale gneissico, potrebbero forse provenire da conglomerati terziarî scoperti nel fondo del mare, se in parte non vi ha che fare il materiale basaltico dell'Etna.

Ad ogni modo la grande diffusione delle ghiaie prova l'intensità del degradamento delle rocce solide interne e littorali per opera dei fiumi e del mare.

Fuori di questi luoghi, anche nelle immediate adiacenze della terra, vengono segnalati fanghi ed argille. L'esame della distribuzione di questi materiali nei mari circondanti la Calabria mostra che vi proseguono oggi le medesime circostanze che regolavano la deposizione degli strati postpliocenici, i quali non avevano affatto diversa natura da quelli odierni. L'osservazione della relativa carta (Tavola II) comparativamente alla diffusione degli organismi animali sui relativi fondi notata dal Seguenza, dal Jeffreys e da altri, mostra pure che quest'ultima, e non solo quella degli organismi vegetali, è regolata principalmente dalla diversa profondità batimetrica, ma pure dalla diversa natura dei sedimenti.

Queste sarebbero le rocce che costituirebbero la superficie del nuovo Istmo, fino assai al largo verso Nord, se l'odierno Stretto emergesse; e l'analogia col vecchio Istmo di Catanzaro sarebbe veramente grandissima.

V.

Primi indizii di vulcanicità nelle isole Eolie. Sprofondamenti, faglie, fratture, supposti dagli autori.

(Tav. I).

In questo stesso periodo postpliocenico erano aperti i vulcani delle isole Eolie o Lipari.

Ritenne il Cortese che eruzioni contemporanee si manifestassero anche nella prospiciente terraferma di Calabria, poichè egli accennò alla presenza di filoni neri basaltici in mezzo alla roccia gneissica al Malopasso a Nord del Capo Triari presso Palmi [1]; ma il Taramelli afferma che si tratta invece di un impasto breccioso prin-

[1] E. Cortese, *Sull'esistenza di un dicco basaltico presso Palmi in provincia di Reggio Calabria.* (Boll. Com. geol., vol. XVI, 1885, pag. 337).

cipalmente tormalinifero secondo le osservazioni del Brugnatelli (1). Invero io già da tempo avevo escluso la affermazione del Cortese, ed ho notato tali filoni, pur manganesiferi, anche nel rione Carbonieri in Palmi; li ritengo semplici secrezioni avvenute per cause pneumatolitiche, forse per acque mineralizzate e termali entro la roccia gneissica, a distanze non grandi dai sovrapposti Micaschisti. Si può affermare in modo sicuro che niuna traccia di vulcanicità locale autoctona trovasi nella Calabria e nei Monti Peloritani.

Per quali ragioni improvvisamente si manifesti l'atttività vulcanica in regioni dove prima non ve n'era indizio, o dove essa era cessata da lunghi cicli geologici, noi non sappiamo.

Nel Miocene medio erano sorti e cessati i vulcani basaltici della Val di Noto e probabilmente a quell'età rimontano le prime eruzioni di eguale natura dell'Etna seguitate fino ad oggi.

Verso il principio del Pliocene, mentre ancora duravano, ma si avviavano all'estinzione i vulcani della Sardegna principiati anch'essi nel Miocene medio, si cominciarono ad aprire gli spiragli vulcanici nel mare che copriva l'odierna penisola italiana, per lo meno a Orciatico e Montecatini in Val di Cecina, poi nel rimanente territorio toscano, nei Monti Cimini, nelle isole Eolie, forse contemporaneamente o poco di poi al Vulture, nel Lazio, nella Campania e nelle altre isole tirrene. Questa attività improvvisa in una regione così estesa, là dove per lo meno, fuor della Sicilia e della Sardegna dall'Eocene in poi non era più stata traccia di vulcanicità, coincide certamente col sollevamento e con lo assettamento attuale della Penisola. Non vi ha traccia palese d'attività vulcanica nelle Eolie prima del Pliocene. Solo cominciano a vedersene superficialmente i prodotti, poco più tardi che non nel territorio Pisano e Viterbese, nella parte più alta del Pliocene, secondo il Seguenza, o, secondo me, nel Postpliocene inferiore e medio. Ciò non esclude che qualche eruzione fosse cominciata, pur nelle Eolie, durante il Pliocene inferiore e forse anche prima: ma tracce di ciò non si conoscono affatto.

Nella parte settentrionale dei monti di Messina, a Barcellona, Zifronte, Sampiero di Patti, Salice, G. Seguenza indica banchi pumicei con frammenti che egli dice di dolerite, la cui vera natura litologica andrebbe ora riscontrata e paragonata con le rocce Eoliche così bene studiate dal Bergeat. Particolarmente al Salice, alla quota di circa 300 m., egli indica ripetute alternanze e concomitanze di quei banchi con sabbie (2). Pur comprendendo i banchi inferiori, sulla cui origine vulcanica il Seguenza resta alquanto incerto, essi trovansi sotto e insieme con sabbie contenenti abbondantissimi fossili quasi tutti proprî di mare profondissimo, tra i quali, con Cirripedi e Coralli di specie estinte, trovansi molluschi di specie viventi insieme con talune specie postplioceniche come il *Trochus bullatus* Phil., ma senza la peculiare presenza di specie o di generi distintivi del Pliocene, sia profondo, sia littorale.

Alla quota di circa 450 m. presso Nao non lungi da Jonadi nel versante me-

(1) Taramelli, *Dei terremoti di Calabria e Sicilia*, pag. 12.

(2) G. Seguenza, *Di certe rocce vulcaniche interstratificate fra rocce di sedimento.* (Rendiconto Acc. Sc. fisiche e mat. Napoli, anno XV, 1876, pag. 112).

ridionale del Capo Vaticano, con le sabbie del Postpliocene recente trovansi banchi pumicei.

Evidentemente si tratta delle prime eruzioni sottomarine avvenute quando la regione era assai più bassa di oggi, cioè più bassa non solo della quota di 300 a 400 metri alla quale vediamo sollevati quei depositi, ma di altrettanto in più, quale doveva essere per lo meno la profondità cui essi si erano depositati (vedi Tavola I).

Ben diverse dalle idee esposte nei Capitoli precedenti sulla morfologia, sull'origine, sull'assettamento della regione Calabro-Peloritana, sono quelle caldeggiate dal Suess e poi da altri, e proposte per ispiegare la vulcanicità e la causa dei terremoti.

Suppose il Suess che la regione insieme con altre della penisola italica facesse parte di un antico continente che occupasse il posto del mare Tirreno, il quale continente sarebbe sprofondato e scomparso cedendo luogo al mare e lasciando come ultimi rimasugli isolati alcuni dei monti littorali di Calabria e di Sicilia. Questo supposto sprofondamento porta di necessità la concezione di dislocamenti, di rotture e di faglie, le cui linee direttrici dovrebbero seguirsi, e vengono infatti indicate dagli autori, nella terraferma. Questo concetto, ben diverso da quello pure inesatto dei *carreggiamenti* che taluni vorrebbero sostituire, non riconosce importanza ai fenomeni di compressione e di ripiegamento degli strati ed alla successiva storia orogenetica della regione, la quale era presso che ignota quando venne proposta la teorica del Suess e fu imperfettamente studiata poi.

Il Suess ritiene che il Monte Cocuzzo, il Capo Vaticano, i poggi di Scilla e i Peloritani siano costituiti da roccie delle più antiche, e rappresentino i residui del continente tirreno sprofondato, mentre la Sila, la Serra e il Montalto farebbero parte di una catena esterna costituita da rocce più recenti e rimasta intatta; distinzione cronologica, già sappiamo, che non risponde alla realtà. Quei lembi supposti più antichi sul Tirreno sarebbero separati dagli altri mediante un arco di cerchio avente per centro le Lipari, che da Alì in Sicilia traverserebbe la Piana di Gioia, la Valle del Mèsima e il Vallo di Cosenza, e che racchiuderebbe, appunto verso il Tirreno, la regione soggetta incessantemente ed anche attualmente, secondo il Suess, a sprofondamento e ad abbassamento, quindi ad inevitabile scomparsa: ed anche questo sappiamo ormai non essere esatto.

Questa regione sarebbe poi quella entro la quale si manifestano i vulcani ed i principali e continui terremoti; onde l'arco di cerchio predetto viene appellato *linea sismica principale della Calabria* o *linea periferica delle Lipari.*

In un lavoro fondamentale che gli autori successivi, specialmente stranieri, hanno mano mano sfruttato, come si conveniva a tanto maestro, talora senza citarlo, e senza rettificare molte notizie che sono state chiarite in seguito, il Suess parla dei terremoti Calabro-Peloritani. Distingue quelli che accompagnano una eruzione vulcanica, o *eruttivi*; quelli disposti lungo linee che irradiano da un vulcano, o *radiali*; e quelli che non hanno per centro vulcani, quantunque possano mostrare qualche rapporto con essi, o *periferici* [2]. Avendo poi notato che le isole Eolie sono allineate presso a poco secondo tre direzioni radiali, il Suess ritiene che queste sieno coor-

(1) E. Suess, *Die Erdbeben des süd. Italien,* pag. 23.

dinate con tre radiali sismiche e conseguentemente con tre linee di frattura o di faglia, di minima resistenza, in terraferma.

Queste linee di faglia o frattura sarebbero le seguenti:

1. Frattura che da Mineo, all'Etna, ai Monti Peloritani, giungerebbe a Vulcano nelle Lipari. Obietta il Di Stefano che una frattura di tal carattere, esternamente visibile nei Peloritani, non è provata (1).

2. Frattura che dallo Stromboli si dirigerebbe a traverso l'Istmo di Catanzaro.

3. Frattura che pur dallo Stromboli, per Amantea, si dirigerebbe a Cosenza ed alla parte inferiore della Valle del Crati.

Radiali sarebbero il terremoto di Rogliano del 1870 ed in generale quelli che si manifestano nel margine settentrionale dei Monti Peloritani e nel golfo di Santa Eufemia fino a Girifalco e Catanzaro.

Periferici sarebbero quelli che si manifestano lungo la già detta *linea sismica principale della Calabria*, e coinciderebbero con le linee di rottura, o tettoniche, della regione.

Non tornerò qui sulla questione dell'antica esistenza di un continente Tirreno proposta per la prima volta dal Savi, ampliata dal Suess e sostenuta poi, dietro le sue orme, da tanti altri. La ho obiettata, con lunga serie di osservazioni, fino dai primi miei scritti geologici (2), e prevenendo le idee odierne, non ancora esagerate, avevo sostituito, nella formazione delle montagne italiane, al concetto degli sprofondamenti, quello dei ripetuti ripiegamenti e delle compressioni multilaterali. Brillanti confutazioni della teoria del Suess fecero per la Sicilia e per la Calabria il di Stefano (loc. cit.) e, per quanto risguarda le radianti sismiche, il Mercalli. Abbiamo già veduto che le due idee fondamentali del Suess sulla diversa età delle zone jonica e tirrena, e sull'abbassamento permanente di quest'ultima, non rispondono al vero.

Il Cortese, senza citare le idee del Suess, batte la medesima strada. Egli però moltiplica il numero delle fratture e delle faglie riconoscendo queste presso che in ogni luogo nel quale strati d'età diversa si trovino in contatto anormale o in juxtaposizione.

Dice appunto il Cortese (3) che « in Calabria i bruschi dislocamenti sostituirono « i ripiegamenti e le ondulazioni... Se la Calabria è un frammento di più vasto con-

(1) G. Di Stefano, *Il terremoto* ecc., pag. 6.

(2) C. De Stefani, *Sull'asse orografico della Catena metallifera* (N. Cimento, ser. II, vol. X, 1873); *Geologia del Monte Pisano* (Mem. Com. geol., vol. III, parte 1ª. Roma, 1876); *Quadro comprensivo dei terreni dell'Appennino settentrionale* (Atti Soc. toscana di Sc. nat., Pisa, 1881, parte 1ª); *Escursione scient. nella Calabria*, 1883-84, pag. 282; *Molluschi viventi nelle Alpi Apuane, nel monte Pisano e nell'Appennino adiacente* (Boll. Soc. Malacologica ital., vol. IX, Siena, 1883, *origine geologica*, pag. 225 e seg.); *L'Apennino fra il Colle dell'Altare e la Polcevera* (Boll. Soc. geologica italiana, vol. VI, 1887, pag. 260 e seg.); *Le pieghe delle Alpi Apuane*, Firenze, Le Monnier, 1889, pag. 90; *Les terrains tertiaires supérieurs du bassin de la Méditerranée*, Liège, Vaillant, 1893, pag. 354; *Notizie geologiche sull'isola del Giglio* (in S. Sommier, *L'isola del Giglio e la sua flora*), Firenze, Pellas, 1900, pag. 18.

(3) E. Cortese, *Sulla formazione dello Stretto di Messina* (Boll. Com. geol. Vol. XIII, 1882, Roma, pag. 4 e seg.); *Descr. geol. d. Calabria*, 1895, pag. 31 e seg.; *L'interruzione dell'Appennino a Sud di Catanzaro.* (Boll. Com. geol., vol. XIV, 1883, pag. 166; *Fratture geologiche della regione calabro-sicula.* (Ann. d. Soc. degli Ing. e Arch. it., 1° marzo 1909).

« tinente la Tirrenide,... è naturale che la frantumazione... non sia stata possibile « senza fratture fondamentali... le quali hanno il merito di essere evidenti (meno, « naturalmente, a chi non le vuol vedere) ». Oltre alle fratture secondarie, delle quali non parlerò, il Cortese ne enumera sei principali; e sono le seguenti:

1. Faglia dello Stretto di Messina dall'Etna a Punta Alice passando pei dirupi sul mare tra la Punta del Pezzo e Palmi, per la valle del Mesima dove separò la Serra dal Capo Vaticano, poi sotto Catanzaro lungo tutte le pendici cristalline orientali della Sila.

2. Faglia della bassa Valle del Crati, rispondente in parte ad una delle fratture del Suess, dall'isola di Pantelleria, a traverso tutta la Sicilia, alle Lipari e di qui fino a Trebisacce sull'Jonio seguendo il pendìo SE dei monti di Castrovillari e del Pollino sulla sinistra della Valle del Crati.

3. Faglia dell'alta Valle del Crati, che dalla valle del Savuto, a Nord di Martirano, seguiterebbe tutta la parte alta della valle del Crati.

4. Faglia della Stretta di Catanzaro, supposta anche dal Suess, dal Capo Suvero sul Tirreno al Capo Stallettì sull'Jonio, separante la Sila dalla Serra.

5. Faglia di Gioia. Si estende dalla Sardegna alle Lipari; poi traversa la Piana di Gioia, i Pianalti, e costeggia le pendici cristalline da Mammola a Roccella, segnando in certo modo il termine meridionale della Serra.

6. Faglia terminale della Calabria, dal cratere dell'Etna al Capo Spartivento lungo la costa meridionale di Calabria.

Queste linee di frattura si sarebbero formate, per la massima parte almeno, fra il Miocene medio e il Miocene superiore. Esse, quando non sieno completamente nascoste dal mare o da terreni recenti, vengono segnalate, secondo il Cortese, dall'apparire di qualche sorgente, per lo più termale o minerale (comparsa che i più degli idrologi spiegherebbero oggi diversamente), ovvero dalla comparsa di piccoli lembi isolati di terreno cristallino, da appicchi e da coste scoscese sul mare, o da justaposizione e addossamento di un terreno terziario sul fianco di un altro più antico, e rispondono in generale ad una discontinuità cronologica dei terreni, alla periferia dei terreni cristallini ed al limite loro dagli altri terreni più recenti o dal mare.

Le dette linee di frattura, secondo lui, si raggruppano sotto angoli prossimi a 120°; e dove se ne incontrano tre, sorgono dei vulcani: « ciò in mirabile accordo », dice il Cortese », « colle direzioni stabilite per induzione da Elie de Beaumont nel suo sistema *de reséau pentagonal* per l'Europa ».

Sempre secondo il Cortese un intimo nesso si scorge fra le manifestazioni dei terremoti e l'andamento delle fratture principali.

Non sto ad esaminare partitamente i fatti che si adducono a riprova dell'esistenza di queste faglie, nessuna delle quali è minutamente analizzata sul terreno o seguìta a traverso il terreno cristallino in posto che essa dovrebbe intersecare. Già li esaminai e li diniegai fin dai miei primi studî sulla Calabria (1).

Là dove si vede la scarpata degli appicchi cristallini scendere alquanto sotto il terreno terziario come ad Est e a Sud della Piana, attorno al Capo Vaticano, sulla

(1) C. de Stefani, *Studi geol. per la gall. ferroviaria a trav. lo Stretto*, 1883, pag. 13 e seg.

spiaggia di Pizzo, a Sud e a Nord della Valle del Mesima, a Nord dell'Istmo di Catanzaro, ivi non si scorge traccia di consimili faglie.

Gli appicchi sul mare demoliti dal moto ondoso sono presi per superfici di frattura e di faglia.

Le coste odierne del Capo Vaticano, del Pizzo, e meglio ancora gli appicchi del *Gneiss* dalla Marina di Palmi a Cannitello, dànno un'idea esatta degli appicchi pre- e postmiocenici, in addietro ricordati.

Il flutto ingoia le frane e ne distribuisce i materiali al largo. Così l'appicco viene perpetuato fino a che il sollevamento non lo sottragga al mare, e gli vien dato l'aspetto di un perpendicolo d'ipotetica foglia.

Bene obiettò il Limanowski che semplici valli d'erosione, accidenti puramente morfologici, e tutti i fenomeni tettonici, sono interpretati dal Cortese come fratture.

Della massima parte delle dette faglie fece ragione anche il Di Stefano, il quale, tenendo in certo modo idee di mezzo fra quelle del Suess e del Cortese e le mie, le qualifica come « poco persuasive e troppo estese e non sempre rispondenti a dati di fatto ». Egli però dice che « sono reali le fratture del piede meridionale del Pollino, ed è impossibile lo spiegare la origine della Valle del Mesima, della Piana di Gioia e dello Stretto di Messina senza ammetterne ». Lo stesso dice del Vallo di Cosenza; quantunque riconosca che varie di queste forme sono dovute a tempi terziarî antichi, ed ammetta, oltre « l'azione erosiva di acque scorrenti superficiali » (ciò che tornerebbe alquanto difficile a provarsi) anche « l'opera dell'abrasione marina in concomitanza » escludendo solo la corrispondente preesistenza in quei luoghi di pieghe sinclinali orogenetiche. Con quest'ultima esclusione, di che già s'è ragionato nel Capo I, egli manifesta un'opinione diversa dalla mia: al quale proposito però già feci osservare che nel supporre in quei luoghi l'esistenza di sinclinali, io non intendevo propriamente parlare di pieghe concave normali e regolari, bensì soltanto di zone rocciose prese in mezzo per sinclinale, eventualmente più erodibili delle rocce delle pieghe convesse circostanti, quindi superficialmente asportate dalla lunghissima denudazione.

Quelle fratture poi egli stesso le pone in qualche rapporto coi terremoti.

A comprovare in modo speciale l'esistenza d'una frattura che avrebbe originato lo Stretto di Messina e il distacco dei monti Peloritani dall'Aspromonte, che ritiene come cosa sicura, il Di Stefano adduce « le faglie e pieghe faglie con o senza accavallamenti che si osservano lungo i littorali da Taormina ad Alì » da lui descritte più volte da tempo, ed accenna che « le rocce da Alì a Messina, salvo una lieve inversione a Scaletta, pendono in generale ed in media a NO, e sono troncate parallelamente allo Stretto » [1]. Di tali circostanze non posso interamente convenire.

Avendo, esaminato, quei luoghi nell'inverno del 1907 e nel 1910, riportai il concetto diverso che si trattasse di ripetute e talora fitte pieghe con spostamenti e scivolamenti di strati, con implicazione delle stesse Filladi antiche in mezzo a pieghe

[1] G. di Stefano, *Il terremoto*, ecc. pag. 17.

dei terreni secondarî, senza le indicate faglie, e con ribaltamenti verso il mare, come suole avvenire sovente appunto sull'orlo delle grandi depressioni continentali o marittime; questi fatti non si possono interpretare se non attribuendo alla depressione dello Stretto e per lo meno alle regieni che ne sono la continuazione una origine tettonica primitiva.

Nel 1909 il Limanowski pubblicava una descrizione della tettonica dei Monti di Taormina [1] informata al medesimo concetto mio, di pieghe rovesciate verso il mare, senza faglie, quantunque poi egli diversamente da me le supponga provenienti assai di lontano per carreggiamento.

Parimente non convengo che le rocce fra Alì e Messina, salvo là dove sono inversioni di strati per rovesciamento, sieno troncate parallelamente allo Stretto e pendano in media a NO; anzi fra Alì e Scaletta le pieghe di terreni triassici e liassici rovesciate anch'esse implicano le Filladi; pure fra Ponte Schiavo e Galati le Filladi e le altre rocce antiche sono ribaltate contro il mare. Gli strati terziarî lungo lo Stretto, anche nei dintorni di Messina, hanno pendenza, come già si disse, verso il mare. Quanto alle rocce antiche dei Peloritani, gli strati sono profondamente contorti, e talvolta ridotti ad una breccia interna di frizione. Anche al Forte Gonzaga in Messina, e nei loro lembi più esterni, essi sono spesso verticali: e se vi sono pendenze, che io credo inversioni parziali, verso ponente, cioè contro il mare, prevalgono quelle regolari verso Est. Credo per conseguenza che, pur dalla parte dei Peloritani, nulla concorra a provare esser lo Stretto di Messina dovuto ad una rottura piuttosto che ad una originaria e perciò antichissima disposizione naturale di strati.

Ad ogni modo, anche secondo il Di Stefano quelle che egli suppone sarebbero faglie geologicamente antichissime, delle quali tutti gli effetti avrebbero dovuto essere scontati nei cicli geologici passati, perchè a contatto con quegli appicchi di roccia cristallina si posano orizzontalmente o quasi gli strati postpliocenici, non che quelli pliocenici e miocenici, ai tempi dei quali pure lo Stretto e le altre bassure più volte nominate esistevano.

Inoltre queste supposte linee di faglia, da me escluse, esistendo già prima assai del Postpliocene, non avrebbero che fare con l'attività vulcanica manifestatasi molto tempo dopo.

Hobbs [2], esagerando ancora le ipotesi ammesse dai prefati autori, stabilisce il numero delle supposte linee di faglia e di frattura quasi all'infinito, collegando insieme sulla carta, con linee rette, tutti i punti che si trovino in qualche serie fra loro, colpiti in uno od in altro periodo, anche differente, da terremoti. Si comprende che, così facendo, e talora anche tenendo conto di dati imperfetti, di tali linee se ne possano stabilire quante se ne vuole. Di tale concetto fece giustizia il Di Stefano [3], nè io m'intratterrò più oltre sul medesimo. Di nessuna di esse linee fu data sul terreno una prova geologica, che d'altronde non sarebbe stato possibile ottenere.

[1] M. Limanowski, *Sur la tect. des monts Péloritains.*

[2] W. H. Hobbs, *The geotectonic and geodinamic aspects of Calabria and northeastern Sicily* (Gerlands Beiträge zur Geophysick. Bd. VIII, 1901).

[3] Di Stefano, loc. cit.

Con tutto ciò anche il Simoens attribuisce il terremoto del 1908 all'accentuazione delle fratture radiali della regione (1).

Il Gignoux (2) suppose che gli appicchi di ciascun pianalto rispondessero a piani di faglia; per modo che invece dell'accenno a stadî diversi di sollevamento si sarebbe avuta una successione di faglie che avrebbe via via fatto abbassare a scala verso il mare e per così dire sprofondare l'unico pianalto primitivo del Pliocene. Queste faglie sarebbero poi la causa dei terremoti. Tale ipotesi sembra, in parte, vagheggiata anche dal Taramelli (3): nè da essa molto si discosta l'idea di Leonhard e Volz, i quali attribuirono il terremoto calabrese del 1895 ad un riaggiustamento dei blocchi orografici o *Schollen* verificatosi lungo i margini di frattura meridionali ed orientali della regione (4). Però la supposizione del Gignoux, combattuta già dal Cortese (5), è assolutamente da scartare, non tanto per le prove ricordate dell'avvenuto recente generale sollevamento, quanto perchè lungo le numerose e profondissime fiumare che separano e tagliano quei pianalti, per quanto si conosce, non fu mai osservata una sola faglia di quella natura ad eccezione forse di qualche limitatissima superficiale faglia dei calcari pliocenici ad *Amphistegina* nelle pendici Reggine.

Il geologo belga M. Lohest, seguìto dal D'Andrimont, ai precedenti concetti delle faglie verticali, che egli accetta dal Cortese, specialmente in rapporto coi terrazzi, aggiunge quello di spostamenti orizzontali (*decrochements*) che sarebbero pur causa principale dei terremoti. Egli ritiene che questi derivino da uno spostamento dei monti Peloritani rispetto alla Calabria, lungo lo Stretto, verso Nord (6), in rapporto possibile con un restringimento delle pieghe delle Alpi. Oltre a qualche argomento secondario nel quale non saprei vedere rapporti col fatto supposto, come l'andamento dei maremoti, le pieghe delle rocce di Taormina, le frane nella costruzione del Faro, in appoggio del suo modo di vedere egli cita strie orizzontali o poco inclinate sopra superfici di faglie nel granito a Palmi, nel micaschisto presso Villa S. Giovanni ed altrove.

Ma questo fatto, così limitato, dell'andamento di uno o di altro sistema di strie sulla superficie di scivolamenti affatto locali o di brevissime e limitate faglie quali si possono vedere per ogni dove, è causa troppo grandemente sproporzionata rispetto al supposto fenomeno. Vero è che ogni frana e scivolamento hanno una componente orizzontale: ma uno spostamento predominante verso una od altra parte dell'orizzonte di una massa terrestre grandiosa non potrebbe a meno di portare ben altre conseguenze e di lasciare altre tracce.

(1) G. Simoens, *À propos de l'origine des secousses sismiques du détroit de Messine* (Bull. Soc. Belge de Géologie de Pal. et d'Hydr., tom. XXIII, Bruxelles 1909, pag. 20).

(2) M. Gignoux, *La Calabre* (Annales de Géographie, XVIII, 15 mars 1909, Paris).

(3) *Sull'origine dello Stretto*. pagg. 23 e seg.

(4) Zeitschrift für Erdkunde. Berlin, Vol. 31, 1896, pag. 1-21.

(5) G. Cortese, *Sul terrazzamento delle coste tirrene della Calabria* (Rivista geografica ital., agosto 1909. Firenze, pag. 492.

(6) M. Lohest, *Le tremblement de terre de Messine et de la Calabre, et ses rapports avec la tectonique de la région* (Bull. de la Soc. géol de Belgique, tom. XXXVI, 19 mars 1909; Annales de la Soc. Belg., 30 juin 1909, Liége).

Uno spostamento permanente di latitudine in una massa come i monti Peloritani e le loro adiacenze sarebbe certamente stato notato se si fosse verificato; e quantunque non sia stata ripetuta la proposta triangolazione fra Castanea sopra Messina ed il monte Lifoi in Basilicata, pure, come diremo, le livellazioni geometriche ripetute nei dintorni di Castanea non dànno sentore di simile probabilità e di movimenti del suolo cristallino.

Omori, finalmente, aggruppa in modo artificioso la sede di 12 terremoti dell'Italia centrale e meridionale, che egli dice distruttivi, ma che realmente furono di carattere abbastanza diverso fra loro, precedenti al terremoto del dicembre 1908, a partire dal 1638, e costruisce un'area o zona sismica da Aquila negli Abruzzi alla Val di Noto, secondante l'asse geografico della Penisola, lungo la quale, sempre in punti diversi, si succederebbero i terremoti intensi: concetto che pur non risponde a quanto si è detto. Con questo egli tende ad escludere ogni origine vulcanica, ed attribuisce i terremoti a successive rotture di un piano di debolezza tettonica della crosta terrestre (1). Ma quella sua zona sismica, sotto tutti i punti di vista artificialmente costruita per servire a suoi preconcetti, non corrisponde a nessuna linea tettonica reale. Specialmente in Basilicata la linea di spartiacque, o qualunque altra linea parallela ad essa od anche all'asse della penisola, traversa saltuariamente sinclinali ed anticlinali e pieghe svariate, non esistendo nella medesima regione nemmeno quell'andamento di pieghe lunghe e parallele che è proprio della parte centrale e settentrionale della penisola.

Tutte le predette ipotesi e supposizioni — accettate del resto, con maggiore o minore ampiezza, anche dal Baratta, dal De Lorenzo, dal Rizzo (2) e da quasi tutti i sismologi — furono esposte con l'intendimento di attribuire ai terremoti Calabro-Peloritani una origine tettonica. Essi sarebbero collegati cioè col procedimento di formazione delle montagne predette, e specialmente, secondo i citati autori, con fenomeni di sprofondamento interni o superficiali, supposti nelle medesime.

(1) F. Omori, *Preliminary Report on the Messina Reggio Earthquake of Dec. 28, 1908* (Bull. of the Imp. Earthq. Investig. Committee, vol. III, n. 2, Tokyo 1909).

(2) G. B. Rizzo, *Sopra le perturbazioni magnetiche dovute al terremoto della Calabria dell'8 settembre 1905* (Terrestrial Magnetism and atmospheric electricity, vol. XI, sept. 1906, pag. 122).

PARTE SECONDA

VI.

Sulle cause dei terremoti Calabro-Peloritani. Loro rapporti con la vulcanicità. Distribuzione nel tempo e nello spazio. Centri sismici.

(Tav. I e III).

Riprendiamo dunque la questione dal punto di vista sismologico. È da soggiungere che la massima parte di quei sismologi i quali attribuiscono ai terremoti una causa tettonica, eccettuati quelli che sono anche geologi, difficilmente si fanno un concetto delle verosimili origini e della composizione stratigrafica d'un sistema montuoso. Nondimeno l'idea di attribuire la predetta causa ai terremoti può raggrupparsi in tre sistemi. Il terremoto cioè può supporsi connesso: 1°) con le forze orogenetiche le quali producono il corrugamento e la formazione delle montagne; 2°) ovvero con uno sprofondamento o abbassamento qualsivoglia d'una regione montuosa; 3°) ovvero con un sollevamento della medesima rispetto alla sua base ed al livello del mare.

1°) Ci pare che la prima ipotesi, meno che a qualunque altro sistema montuoso, possa applicarsi ai monti Calabro-Peloritani. Vedemmo che questi rimontano alla maggiore antichità, e che da grandissimo tempo sono costituiti come al presente; per modo che, attribuendo i terremoti alla loro tettonica ed alla loro formazione oggi apparentemente cessata del tutto, si verrebbe ad attribuire ai medesimi la permanenza di una causa che, se vera, dovrebbe a ben maggiore ragione trovarsi in tutti i monti più giovani. Il rimanente Appennino centrale e settentrionale è straordinariamente più giovane, essendo fra i più giovani sistemi montuosi della superficie terrestre (1), per modo che le forze orogenetiche e disponenti le rocce in pieghe vi sono tuttora attive; pure, quantunque i terremoti non vi manchino, essi sono più rari e, sopra tutto, molto meno energici che nei monti Calabro-Messinesi. Inoltre la massima parte dei terremoti calabresi, se non tutti, sembra abbia origine verso il mare; così avviene, dicesi, in tante altre regioni: non è dunque nelle pieghe o nelle faglie di dentro terra la ragione loro.

Quand'anche, dunque, si volesse riconnettere l'origine dei monti con sistemi di faglie profonde, che non tutti, nè per tutti i monti, sono disposti ad ammettere, converrebbe abbandonare l'ipotesi tettonica, nel senso ora detto, pei monti nostri.

(1) C. De Stefani, *Géotectonique des deux versants de l'Adriatique* (Bull d. la Soc. Géol. de Belgique, tom. XXIII, Liège, 1908, pag. 190, *passim*).

Del resto i fenomeni tettonici che producono le pieghe della superficie terrestre sembrano essere abbastanza superficiali, e notiamo sovente che i terremoti non strettamente limitati ad uno o ad altro vulcano si propagano senza essere ostacolati da catene montuose o da sinclinali profondi, anche trasversalmente e normalmente a questi, attestando che l'origine ed il veicolo principale del movimento trovansi a profondità e indipendenti dalle parvenze della superficie (1) e dalle pieghe che si formano entro le rocce esteriori stratificate e consolidate.

Infatti (ved. Tav. III) i terremoti nostri non si trovano in rapporto con pieghe appariscenti (8 giugno 1638 a E della Sila; 8 marzo 1832 nel Cotronese; 24 agosto 1836 a Rossano; 23 ottobre 1907 a Ferruzzano): ovvero, sono locali e limitati ad una sola parte delle pieghe o della piega che si trova nella regione scossa (16 novembre 1894 a Palmi); o percuotono quelle, non longitudinalmente bensì trasversalmente, oltrepassando in tal senso parecchie serie di pieghe parallele (5 novembre 1659 dal Mésima al Jonio; 1783; 28 dicembre 1908); o quando apparentemente seguono almeno in parte la direzione di tali o tali altre pieghe (27 marzo 1638 dal Mésima al Crati, 1783, 12 ottobre 1835 nel Cosentino, 12 febbraio 1854 pur nel Cosentino, 4 ottobre 1870 ad Aprigliano, 8 settembre 1905 dal Mésima al Crati), ciò deriva dalla natura dei terreni che lungo le medesime si trovano, e degli strati che le costituiscono.

D'altra parte, se i terremoti avessero ragione da faglie e rotture inerenti alle pieghe, una volta che queste fossero avvenute, essendo le pieghe calabro-peloritane antichissime, essi dovrebbero via via spostarsi, come appunto suppone, benchè senza alcun fondamento reale, l'Omori, invece di ripetersi periodicamente e costantemente nelle medesime regioni.

2°) Che i terremoti di questi monti sieno connessi con sistemi di sprofondamento abbiamo già veduto che non si può sostenere. Quivi è invece un sollevamento attuale e recentissimo di 1000 a 1200 metri. Alcuno potrebbe credere che il sollevamento vedasi ne' monti ma non nel mare circostante, il cui fondo sfugge all'osservazione e nel quale potrebbe verificarsi il supposto sprofondamento. Ma la supposizione non regge alla critica dei fatti.

I mari Tirreno e Jonio, adiacenti, datano da lunghe età geologiche, e da lunghissimi tempi furono profondi più che oggi non sieno presso le coste; durante l'Eocene lo furono più assai, anche nelle parti loro centrali e nell'alto mare. D'altra parte nelle stesse isole Lipari, le quali cominciarono a formarsi nel Postpliocene o poco prima, troviamo le prove sicure di un sollevamento recente ed attuale delle isole stesse e conseguentemente della piattaforma sottomarina che loro serve di base.

Questo sollevamento è provato, oltre che dagli strati marini fossiliferi del Postpliocene, contenenti banchi pumicei sollevati da 300 a 400 m. al Salice nel Messinese e a Nao in Calabria, anche dai depositi sabbiosi pieni di conchiglie marine di specie viventi noti da molto tempo alla Punta Palmeto in Lipari, a Panaria, in Ustica, non che dai terrazzi di Salina, Lipari, Panaria, Filicudi e di Ustica, alti fin 200 e 400 metri sul mare, dai conglomerati ghiaiosi di origine sottomarina di Sa-

(1) G. Agamennone, *Sulla variazione della velocità delle onde sismiche colla distanza* (Bull. Soc. sism. ital., vol. II, 1896, pag. 161); *Il terremoto nell'Appennino Parmense-Reggiano della notte dal 4 al 5 marzo 1898* (Ibidem, vol. V, 1899, pag. 9).

lina e di Lìpari, e dai tufi di Lipari, di Salina, di Ustica con piante terrestri di specie tutte viventi (1). Gli strati ora indicati e sollevati sul mare sono molto recenti, e non si vedono nelle isole quelli dei primi tempi del Postpliocene, perchè i coni vulcanici formati per successive sovrapposizioni esogene di lave e di materie vulcaniche frammentizie erano ancora sottomarini e solo hanno cominciato ad emergere sul mare al tempo dei suddetti depositi quaternarî, sollevandosi insieme con tutta la regione tirrena circostante.

Ai tempi nostri poi gli scandagli ripetutamente fatti, come diremo a suo luogo, attestano nel fondo del mare Tirreno attiguo allo Stretto un riempimento ed un rialzamento, non già uno sprofondamento.

Se si tentasse determinare in quale stato fossero i Monti Calabresi e Peloritani nel tempo nel quale i vulcani Eolici cominciarono ad emergere, si potrebbe dire che quelli erano almeno di 400 a 500 m. più bassi che ora non siano.

Parmi che nel ragionamento di varii scrittori de' terremoti locali s'intravveda un'altra osservazione la quale potrebbe obiettarsi a quanto ho detto, ed è che le numerose frane le quali si osservano durante i nostri terremoti potrebbero essere appunto le cause tangibili e visibili dei medesimi. Per la maggior parte forse dei sismologi stranieri (e primi i Giapponesi, oggi maestri in siffatte materie) le fessure del suolo, cioè le frane e le faglie, che del resto risultano anche negli estranei paesi essere superficiali ed aperte in terreni mobili, per quei sismologi, dico, le fessure visibili o non visibili e le frane sono cause dei terremoti. Ma nei paesi nostri non tutti i terremoti sono causa di frane dentro terra o lungo le spiaggie. Invece, frane, anche colossali, si producono sempre durante le stagioni piovose o talora anche non piovose, senza terremoti e per avventura senza produrre nemmeno quei microsismi che per frane avvenute sopra terreni compatti si possono verificare nelle adiacenze con speciali microsismometri.

Le frane poi, nel terremoto del 1783 ed in minor grado in quello del 1908 ed in altri, si producono contemporaneamente in centinaia di tratti l'un dall'altro indipendenti, per modo da far comprendere che esse sono il molteplice e multiforme effetto di una causa unica e non la multiforme e molteplice causa di un unico effetto: nè starò a citare il Lyell, l'Oldham (2) e gli altri valenti che da più di un secolo hanno notato questa semplicissima cosa. Il Suess medesimo esclude esplicitamente che le frane superficiali sieno state mai causa dei terremoti Calabro-Peloritani.

3°). Rimane da esaminare il terzo punto, se cioè il terremoto sia in rapporto coi fenomeni di sollevamento quali si verificano nella nostra regione. Ma questa suppo-

(1) E. Cortese, *Descrizione geologica delle Isole Eolie* (Mem. Carta geol. d'Italia, vol. VII, Roma, 1892); Bergeat, loc. cit. *passim*.

(2) Ritengo io pure con l'Oldham, per ragioni diverse, che il terremoto di California del 18 aprile 1906 sia stato causa, non effetto della faglia del Rift di Sant'Andrea. Dalle descrizioni risulta che la faglia non seguì una linea continua, ininterrotta; bensì fu costituita da sistemi di fessure e di crepacci confluenti o paralleli, saltuarî e sovente scomparenti. Le fessure, quantunque talora traversino anche rocce antiche, sono in terreni mobili e soggetti a frane anche indipendentemente da terremoti. In pari modo pel terremoto del 1908 avvennero sul littorale Calabrese dal Pellaro al Pezzo le molteplici frane, che male a proposito sarebbero considerate come pertinenti ad un sistema unico, e come causa del terremoto stesso.

sizione sulla causa dei terremoti ricade con quella sulla causa e sulle origini della vulcanicità, e combina con questa. Da noi, inizio di sollevamento rapidissimo e grandioso, vulcanicità, numero ed energia dei terremoti, sono tre fenomeni coincidenti e così strettamente collegati da doversi dire che sieno manifestazioni di un fenomeno solo. Ma prima di esaminare ulteriormente più a fondo i rapporti fra i nostri terremoti e la vulcanicità, esaminiamo brevemente un'altra ipotesi che da più antico tempo, e talvolta anche di recente, fu manifestata; quella cioè che i terremoti sieno l'effetto dello sprofondamento di cavità sotterranee.

Taluni attribuiscono queste ipotetiche cavità sotterranee ai vuoti lasciati dalla lava nei momenti delle eruzioni: nel qual caso l'origine dei terremoti si confonderebbe in sostanza con quella dei vulcani. A vero dire, la massa dei materiali fuoriusciti nelle isole Lipari durante il Postpliocene è grandiosa assai; (ved. Tav. I); ma l'uscita ha avuto luogo in un periodo di tempo geologicamente lungo e per effetto di centinaia di eruzioni successive. La quantità di lava uscita nei tempi storici e quella di tutti i materiali eruttati nei secoli nostri da Stromboli e da Vulcano è veramente minima e avventizia, e le cavità per avventura formate sarebbero insufficienti a spiegare la persistenza e l'energia dei terremoti che a brevi periodi si ripetono. Per l'appunto poi i terremoti Calabro-Peloritani non si manifestano sotto ai detti vulcani, sotto ai quali dovrebbero trovarsi le cavità, ma piuttosto all'infuori della loro zona. Del resto, cavità sotterranee grandi o piccole prodotte da eruzioni, od altre di natura consimile, nessuno le ha mai viste nelle rocce cristalline od in rocce affini più o meno silicee. Chi le suppone non tiene conto delle permanenti compressioni che si verificano nella terra per le variazioni di temperatura e pei fenomeni di corrugamento che appunto sono causa degli spostamenti di livello e della genesi dei rilievi e delle concavità sulla superficie. Onde deriva che questa ipotesi è da abbandonare. Nè ha migliore fondamento l'ipotesi che attribuisce quelle cavità alla incessante permeazione delle acque fredde o calde a traverso le roccie della superficie in quella zona esteriore che van Hise (1) dice di catamorfismo. Notisi che le trasformazioni molecolari prodotte dalle acque al seguito di fenomeni chimici esotermici o prevalentemente, presso la superficie, endotermici, sono accompagnate per lo più da aumento di volume dei componenti le rocce. Le maggiori contorsioni ed i ripiegamenti degli strati rocciosi, e la costrizione degli strati stessi a minori volumi, sono l'ultimo risultato di tutti i fenomeni di qualsiasi natura che entro la terra si manifestano.

Si formano, è vero, cavità spaziose per asportazione di materiale nel suolo costituito da calcari o da altre rocce saline solubili, ma queste rocce si trovano solo nella parte più esterna: e là dove tali cavità si formano, per l'appunto si hanno le regioni meno soggette ai terremoti; l'influsso delle cavità sotterranee nell'ammortire gli urti sismici, sebbene tenuto in poco conto dai moderni, era ben noto agli antichi. Del resto, se cosiffatte cavità, sempre assai limitate, come talora avviene, si sprofondano, nei luoghi circostanti non possono produrre se non quei moti microsismici osservabili in zone assai ristrette che può produrre una grande frana superficiale.

(1) C. R. Van Hise, *A treatise on metamorphism.* (U. S. Geol. Survey, vol. XLVII, Washington, 1904).

Come osserva il See, gl'impulsi sismici simili ai nostri sono di origine troppo profonda per poter essere spiegati con un semplice sprofondamento dei lembi rocciosi; e le vibrazioni che ne derivano sono troppo complesse per essere attribuite al semplice contrasto di due labbri di frattura o di faglia di una regione rocciosa.

Bisogna dunque, almeno per le regioni nostre, tornare all'ipotesi dell'origine vulcanica, senza con ciò pretendere di spiegare tutti i terremoti di ogni altra parte del globo.

È già ben noto che i vulcani, salvo rare e poco studiate eccezioni, esistono solo in vicinanza del mare o di grandi masse d'acqua. Ammettono poi i principali geologi che essi si formino in regioni soggette a sollevamento come la nostra: è pur noto che tutte le regioni di vulcani attuali sono, senza eccezione, regioni sismiche. Vi sono pure centri sismici in luoghi lontani dai vulcani; ma le regioni vulcaniche sono quelle nelle quali la frequenza e l'energia dei sismi è incomparabilmente maggiore. Ciò si verifica appunto, fra le altre, nella regione nostra.

Esaminiamo se possano esservi altri rapporti fra i nostri terremoti ed i vulcani, nel tempo e nello spazio. Mancano le osservazioni pei tempi più antichi, nei quali si ricordano quasi solo le eruzioni violente ed i terremoti più sensibili. Nondimeno, da quanto si è osservato generalmente in tempi storici, sappiamo che le eruzioni sono precedute da scosse o terremoti locali, premonitorii (Vesuvio a. 79 e periodi seguenti; Epomeo 1302; Monte nuovo 1538; Isola Giulia 1831; Pantelleria 1891; Vulcano a. 1444, 1731, 1739, 1888); ma talora le scosse precedenti mancano come in talune eruzioni etnee; altra volta si verificano delle scosse senza susseguente eruzione (Casamicciola e altrove in Ischia 1228, 1557, 1762-67-96, 1828-41-63-67-1880-81-83, Isole Ponza, Pantelleria 1894, Isole Lipari frequentemente). Al Vesuvio a. 63, all'Etna, altrove, spesso una eruzione segue solo dopo un lungo periodo di scosse locali (1).

Cito gli esempî fra le regioni vulcaniche nostre: ma i fatti accennati furono osservati generalmente dai geologi. È però singolare che dei piccoli terremoti locali circostanti ai vulcani nostri attivi quando non sieno susseguiti dalle eruzioni, o specialmente della loro mancata precedenza immediata, si tiene poco conto, poichè l'osservazione del fenomeno principale, che è l'eruzione, assorbe quella dei fatti precedenti o concomitanti.

Fu creduto che le scosse più energiche fossero annunziate da microsismi premonitori immediatamente precedenti; e per questa via i sismologi sperarono di giungere a prevedere i terremoti sensibili. Però l'attento esame dei fatti mostrò che le speranze erano per ora infondate. Violenti terremoti, come pur quello del 28 dicembre 1908, si manifestano improvvisi, senza preannuncio di scosse più leggere, e sono quelli *a massimo incipiente*: in quel giorno solo alla Valletta in Malta alle $4^h.18^m$. « fu registrata una leggera perturbazione la quale durò fino a $4^h.21^m.35^s$. e in questo « istante il primo urto investì lo strumento » (2). Nel terremoto calabro-messinese del 16 novembre 1894 i pochi microsismi notati furono lontani dall'area epicentrale e non

(1) M. Baratta, *I terremoti d'Italia*, Torino, 1901, pagg. 787 e seguenti.

(2) G. B. Rizzo, *Sulla propagazione dei movimenti prodotti dal terremoto di Messina del 28 dicembre 1908* (Mem. della R. Acc. d. Scienze di Torino, S. II, Tom. LXI, 1910, pag. 10.

pare avessero che fare col medesimo: altre volte scosse leggere, cessano senza successione di movimenti più forti. Però a volte si è avuta la successione presupposta, cioè con precedenza di piccole scosse preparatorie, come specialmente in varii terremoti liguri (1) e nel parossismo Calabrese del 1895 (2).

Nella irregolarità di questi fatti si ha dunque rispondenza tra i due fenomeni vulcanico e sismico.

I diversi vulcani traversano periodi lunghi, anche secolari, alternativamente di quiete e di attività. Questo lo sappiamo, ad esempio, per il Vesuvio, le cui eruzioni il Mercalli divide in 12 cicli eruttivi preceduti e seguìti da perfetta quiete (3) e per l'Etna (eruzioni del 1831-32; 1842, 1843; 1863-65; 1874; 1883-86; 1910-11). Vulcano, appunto nelle Lipari, lasciando le eruzioni dell'antichità, fu attivo nel 1444, poi nel 1550, e, secondo Dolomieu e Mercalli (4), specialmente nel secolo XVII, dopo 86 anni di riposo, cioè nel 1626, 1651 (?), 1688; poi dopo altri 39 anni, dal 1727 al 1739 e nel 1771 e 1786; finalmente dopo altri 87 anni dal 1873 al 1890, rimanendo in riposo nei 10 anni successivi, che decorrono tuttora. Il Mercalli ritiene che l'alternativa di attività e di riposo si sia verificata anche per lo Stromboli, che gli autori, secondo lui inesattamente, reputano sia stato del continuo attivo. L'alternativa di quiete e di attività si verifica talora contemporaneamente in tutti i vulcani di una medesima regione.

Se esaminiamo la storia dei terremoti calabro-peloritani (5), troviamo pure che lunghi periodi di attività si alternano con altri di maggior quiete, osservazione fatta anche dal Hobbs (6).

Secondo il Mercalli, dopo il principio del secolo XVII si verificò un sensibile incremento nella sismicità calabrese, in coincidenza con un aumento di attività dei vulcani, se non proprio di quelli soli eolici: coincidenza che dura tuttora.

Così pure nei secoli XVI, XVII e XVIII i massimi sismici si verificarono con assoluta prevalenza nella Calabria ulteriore o meridionale e a Messina, come pure dal 1894 ad oggi (1912).

Lunghi periodi sismici vi si ebbero dal 1493 al 1509 a Messina; dal 1697 al 1716 a Reggio; dal 1720 al 1724 a Reggio; dal 1770 al 1785 in tutta la Calabria meridionale; dal 1789 al 1791 nel Monteleonese.

In generale, notano il Baratta (7) ed il Mercalli, tutti i grandi terremoti cala-

(1) G. Mercalli, *I terremoti della Liguria e del Piemonte*, Napoli, 1897, pag. 138.

(2) M. Baratta, *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto Calabro-Messinese del 28 dicembre 1908*. Boll. Soc. geografica it., novembre 1909, pag. 1218.

(3) G. Mercalli, *Intorno alla successione dei fenomeni eruttivi del Vesuvio*. (Atti V Congresso Geografico it. Napoli 1904).

(4) G. Mercalli, *Natura delle eruzioni dello Stromboli e, in generale, dell'attività sismo-vulcanica delle Eolie*. (Atti Soc. ital. Sc. nat. XXIV, 1881, pp. 123-124).

(5) G. Mercalli, *I terremoti della Calabria meridionale e del Messinese* (Mem. Soc. ital. delle Scienze. Ser. 3ª, tom. XI, Roma, 1897); M. Baratta, *I terremoti nelle Calabrie*. (Ann. ufficio centr. met. e geod., ser. II, vol. XIX, parte 1ª, 1897, Roma, 1907.

(6) W. H. Hobbs, *The Messina earthquake* (Bull. of the Amer. Geograph. Soc. LXI, Juli 1909.

(7) M. Baratta, *Calabria sismica* (Boll. Soc. geografica ital., dicembre 1905, Roma), pag. 1074.

bresi nel secolo XVII ebbero l'epicentro presso l'istmo di Catanzaro, e nel secolo XVIII lo ebbero invece nella Piana (Tav. III).

Invece, nel secolo XIX, si ebbe un periodo di grande attività sismica nella Calabria citeriore (provincie di Cosenza e di Catanzaro), dove ebbero il loro centro tutti i terremoti rovinosi del 1832, 1835, 1836, 1854, 1870, ecc. (1), con un periodo di terremoti meno intensi dal 1821 al 1826 e dal 1865 al 1881 nel Catanzarese, dal 1854 al 1860 nel Cotronese. Non mancarono bensì meno energici periodi sismici nel Reggiano dal 1836 al 1841, dal 1843 al 1853, e nel Monteleonese dal 1883 al 1886.

Negl'intervalli vi furono più o meno lunghi, e talora lunghissimi, riposi.

Quando un vulcano entra in attività, ciò può manifestarsi con eruzione unica, a *un solo massimo incipiente* — Epomeo, Monte Nuovo, eruzioni varie del Vesuvio (1631), dell'Etna (1883), di Vulcano — ovvero con serie di eruzioni o *scatti* a *più massimi* in un periodo nel quale alternano tempi più o meno lunghi di eruzione con brevi periodi di calma e, si direbbe, di sonnolenza (Etna 1669, 1874; Vesuvio maggio-giugno 1895, maggio 1900, giugno-agosto 1903, aprile 1906).

Le eruzioni dello Stromboli, quasi tutte le eruzioni del Vesuvio e alcune di quelle dell'Etna e di Vulcano presentano periodi di lunga attività; ciò in rapporto con le dimensioni, cioè con la resistenza delle pareti del vulcano, e con la natura dei materiali eruttivi. In questi periodi poi si alternano eruzioni più o meno violente con altre che lo sono assai meno (Vesuvio 1138-1139; 1631-1660; 1694-1708; 1876-1906 ecc.) (2) (Vulcano 1727-1739; 1771-1786; 1873-1879; 1886-1890) (3).

Lo stesso fatto si verifica pei terremoti, i quali, ove si considerino in periodi di tempo limitati, oppure sieno limitati a ristrette regioni, sono per lo più, secondo la nomenclatura del Mercalli, ad *un solo massimo incipiente*: ma qualora sieno estesi e di periodo lungo, sono a *più massimi* con alternative di minore intensità come quelli del 1783, quello che ebbe epicentro ad Ovest dei Monti Peloritani dal 1893 al 1894, quelli Calabro-Messinesi cominciati nel 1894 e quello del 23 ottobre 1907 nella Calabria Ultra.

In Calabria, dopo il 5 febbraio 1783, il terremoto ebbe varî ritorni violenti il 7 febbraio, il 1° e il 28 marzo, il 29 luglio 1783 (4).

Dopo il *massimo incipiente* del 1894 fino ad oggi, le scosse si ripeterono più volte, e con violenza maggiore, nel 1905, 1907, 28 dicembre 1908; sicchè gli ultimi terremoti calabresi sono ritenuti da alcuni (5), non senza ragione, come unico fenomeno sismico. Le affinità fra i vulcani ed i nostri terremoti sono dunque, in ciò, abbastanza notevoli.

(1) G. Mercalli, *A proposito dei recenti disastri sismici calabresi.* (Rassegna nazionale, marzo 1909).

(2) F. Mercalli, *Vulcani e fenomeni vulcanici.* Milano 1883; M. Baratta, *Il Vesuvio,* Roma, 1897.

(3) Bergeat, loc. cit., pp. 180 e segg., ecc.; G. Mercalli, *I vulcani attivi,* pag. 131.

(4) Mercalli, *I terremoti della Cal. merid.,* pp. 89 e seg.

(5) G. Mercalli, *Contributo allo studio del terremoto Calabro-Messinese del 28 dicembre 1908.* (Atti R. Ist. d'incoraggiamento, ser. IV, vol. VII. Napoli 1909, pag. 4).

Cosa generale nei vulcani è che ad ogni eruzione violenta succeda un periodo nel quale questa va quasi regolarmente diminuendo fino a che cessa, per ripigliare magari poi, sebbene di solito l'acme del periodo eruttivo abbia luogo all'inizio.

Così pure nei vulcani (Vesuvio, Vulcano, Stromboli), le esplosioni eruttive « sono sempre intermittenti; ma l'intervallo di riposo, talvolta, è solo di qualche « secondo: altre volte dura parecchie ore. Il ritmo può essere regolare o irregolare, « secondo che l'intervallo fra due esplosioni è costante o no » (1). Lo stesso si verifica il più delle volte nei terremoti. Ad una scossa violenta, che per lo più segna l'inizio e nello stesso tempo l'acme del periodo, e ad ogni singolo massimo, succede una serie di repliche, talora con bruschi rialzi che quasi mai pareggiano la scossa primitiva: repliche, le quali, se non con assoluta regolarità, pur quasi regolarmente vanno diminuendo fino a cessare, per riprendere magari dopo un lungo periodo di tempo. Così, dopo il terremoto del 5 febbraio 1783 le scosse durarono diminuendo abbastanza regolarmente di numero e d'intensità e secondo alcuni con spostamento del centro sismico, fino al 1785: anzi, secondo il Mercalli, fino al 1791; dal 3 gennaio 1845 durarono fino al dicembre dello stesso anno; poi dal 30 dicembre 1851 fino al 4 aprile 1852 (2).

Dopo il terremoto calabro-peloritano del 16 novembre 1894 le repliche durarono fino al maggio 1897, avendosi poi almeno 11 mesi di riposo (3). Dopo il terremoto esteso dal Monteleonese alla valle del Crati, dell' 8 settembre 1905, le repliche furono circa 100 nei primi tre mesi (4).

Dopo il terremoto del 28 dicembre 1908 il decrescimento delle repliche fu dapprincipio rapidissimo, con brusco salto fra il giorno 28 e quelli seguenti; poi lento (5), con qualche massimo però inferiore al primo. Lo stesso si verificò in tanti altri terremoti calabresi (6).

I sismologi giapponesi ritengono di poter quasi prestabilire l'andamento e l'intensità delle successive repliche (7). Però, se è vero che repliche spesso minori succedono ad una scossa forte, ciò in realtà non si verifica sempre; e dopo una scossa forte con repliche minori, quando il periodo sismico, secondo la stessa regola, si sarebbe supposto finito, può succedere nei terremoti a più massimi una recrudescenza con intensità pur anche maggiore. Si ricordino le scosse del 7 febbraio, del marzo, del luglio 1783, succedute a quelle del 5 febbraio, e, nei tempi a noi vicini, le scosse del 1905, del 1907, e quella, non meno energica, del dicembre 1908, succedute al terremoto del 1894.

(1) G. Mercalli, *I vulcani attivi*, pag. 105.

(2) A. Faggiotto, *Sui fenomeni sismici della regione calabro-sicula*. Alessandria 1909, pag. 9.

(3) A. Riccò, *Il terremoto del 16 novembre 1894*. Roma 1909 (Ann. Uff. centr. meteorol. e geodin), pag. 224.

(4) Mercalli, *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto dell'8 settembre 1905*.

(5) A. Riccò, *Il terremoto e maremoto del 28 dicembre 1908*. (Boll. Accad. Gioenia, marzo-maggio 1909, pag. 12).

(6) Mercalli, *I terremoti della Calabria*.

(7) Omori, Journal of the College of Science, Imp. University Tokio, vol. VII; Kusakabe, *Frequency of after shocks and space distribution of seismic waves* (Ibidem, vol. XXI), 1906.

Del resto, come non vi ha quasi eruzione vulcanica, energica o debole, che cessi immediatamente appena cominciata, così, quando si manifesta un terremoto, anche debolissimo, è ben eccezionale che, entro un certo periodo, ad una scossa non ne succeda qualche altra minore o maggiore: precisamente come si verifica nelle eruzioni vulcaniche.

Ritiene il Cancani che il numero e la persistenza delle repliche sian tanto più grandi quanto maggiori sono l'intensità della scossa principale e la profondità del centro sismico (1): ma il Mercalli, fondato appunto sul rapido decrescimento delle repliche dopo il terremoto del 28 dicembre 1908, crede che pur altre cause operino nella persistenza delle repliche.

Ad ogni modo in questo argomento delle repliche l'analogia fra vulcani e terremoti è forse ancora più palese che negli altri.

Nell'insieme l'andamento degl'impulsi sismici, come quello degl'impulsi vulcanici, procede come se le energie che li producono si accumulassero gradatamente raggiungendo i limiti massimi di pressione, di tempo in tempo, a periodi remoti, distinti e separati, ovvero a così frequenti intervalli da dar luogo ad un periodo prolungato e complesso di sismi o, rispettivamente, di eruzioni. Del resto analogie generali consimili si possono trovare fra tutti i fenomeni meteorologici endogeni o esogeni.

Un sincronismo fra terremoti energici ed estesi ed eruzioni locali non è stato accertato, ed era stato escluso anche dal vom Rath; quantunque per le notizie simultanee che oggi possono arrivare da ogni parte del globo, non si debba escludere del tutto la possibilità di rapporti vicendevoli fra vulcani lontani e fra questi e terremoti, dovuti forse a fenomeni di risonanza. Secondo il Baratta (2) e il Mercalli, i vulcani eolici attivi, Vulcano e Stromboli, presentano qualche incremento nella loro attività poco prima o poco dopo i massimi sismici calabresi. Ad esempio, un riposo, o meglio una limitazione ed una localizzazione saltuaria dell'energia sismica nelle Calabrie si ebbe dal 1887 al 1894 nel periodo che precedette in questo anno il rinnovellarsi dei forti sismi. Questo periodo di sosta fu segnalato da eruzioni di Vulcano non che dall'attività dello Stromboli e da ripetute scosse d'origine prettamente vulcanica nelle varie isole Eolie.

Secondo i citati autori ed altri, rapporti intimi fra terremoti ed eruzioni vulcaniche non esistono; o, se talora parzialmente si verificano, sembrano essere casuali.

Vediamo ora i rapporti nello spazio.

Per quanto risguarda la distribuzione dei vulcani nelle regioni nostre, si osservano due tipi. Le eruzioni in un campo vulcanico si manifestano, apparentemente senza ordine e a notevoli distanze di tempo, in un punto o nell'altro: e quando sono cessate dopo un solo massimo incipiente o dopo un periodo più o meno lungo ed anche per avventura lunghissimo uscendo dal cratere centrale, esse si trasportano in altro luogo (Campi Flegrei, Valle del Sacco, campo vulcanico Umbro-Toscano, Ponza, Lipari). Altrove, anche più che non da noi, si hanno esempî di eruzioni vulcaniche le quali si spostano e si succedono in ordine di tempo lungo certe linee od aree determinate.

(1) A. Cancani, *Sulla distribuzione dell'intensità delle repliche nei periodi sismici italiani* (Boll. Soc. sism. ital., anno 1902, pag. 5).

(2) M. Baratta, *I terr. nelle Calabrie.*

Altra volta, nei vulcani più massicci, più isolati e più potenti, si ha una lunga serie di eruzioni uscenti dal cratere centrale, ovvero, il più spesso, appunto per la massiccia costituzione del vulcano, da fessure e da bocche avventizie periferiche (Etna, Vesuvio, Vulture, Rocca Monfina, Monte Amiata). In questo caso, nel quale in parte potrebbe rientrare anche lo Stromboli, è ben raro che la natura delle lave eruttate non sia assai uniforme.

Anche i terremoti di Calabria, e così quelli di tante altre regioni, hanno origine per la massima parte verso il mare e sotto il mare, e per lo meno hanno attorno al mare la loro massima intensità, salvo lievi eccezioni, come si dirà parlando dei terreni superficiali. Infatti le curve isosismiche degli autori, o zone di massima energia sismica, sono ampiamente aperte e troncate dal lato del mare, come risulta dalla carta sismica del Baratta [1] e dalla nostra Tavola di mortalità (Tav. III), e lo sono principalmente verso il Mare Tirreno nella Calabria meridionale, cioè dalla stessa parte dei vulcani delle Lipari.

Il campo sismico Calabro-Peloritano è non meno esteso di un campo vulcanico.

Credo impossibile pei terremoti antichi, e parmi quasi altrettanto anche per quelli moderni, determinare le aree delle piccole scosse e compararle con quelle dei terremoti più energici. Gli osservatori antichi hanno dei criterî affatto personali e variabili per chiamare terribili, pericolosissime o in altro simile modo le scosse che non produssero danni tangibili: nè dovunque, anzi in rarissimi luoghi si trovavano di tali osservatori. Nemmeno oggi si hanno Osservatorî sismici frequenti e strumenti comparabili: chi osservi da sè giudica abbastanza bene dalle rovine degli edificî, e dai danni del suolo; ma dei terremoti cui uno non assistè è finora difficile giudicare. Io tenterò fondarmi, come dirò meglio più tardi, sulla mortalità delle persone.

Osservando le carte del Mercalli [2] e del Baratta [3], quantunque la mancanza di notizie anteriori alle storie renda incomplete le osservazioni, parrebbe che i centri sismici siano molteplici e diffusi sopra un'ampia superficie, e che i terremoti si manifestino saltuariamente in un punto o nell'altro, apparentemente senza legge, ad intervalli di tempo più vicini che non siano quelli delle eruzioni in un punto o nell'altro di un medesimo campo vulcanico.

Altri centri sismici impreveduti si manifestano qua e là localmente, e dopo qualche successiva minore replica più non si ripetono: e questi rassomigliano alle eruzioni isolate di certi campi vulcanici, che, dopo avvenute, cessano senza più rinnovellarsi. Tali sono, secondo gli autori, i centri sull'Ionio di Caulonia, Ferruzzano, Badolato, Gerace, Bova, S. Ilario, cui aggiungerei quelli di Rossano, del Cotronese, di Scala Coeli.

Ritengono però i sismologi che esistano centri sismici costanti, quantunque la diversa energia dei singoli terremoti renda alquanto difficile lo stabilire ciò in modo assoluto; ed io ben convengo in questa opinione.

[1] M. Baratta, *Calabria sismica.*
[2] Mercalli, *I terremoti della Calabria meridionale.*
[3] Baratta, *I terremoti nelle Calabrie.*

Il Mercalli, nella regione sismica calabro-peloritana, che egli chiama naturale, perchè tutti i grandi terremoti hanno origine nell'interno della regione stessa o nel mare confinante, distingue diciannove centri sismici, dei quali i due principali sarebbero, secondo lui, quello della Piana di Calabria e quello del versante nord-ovest dell'Aspromonte. Ritiene il Mercalli che gl'ipocentri dei terremoti 5-6 febbraio 1783 e 28 dicembre 1908 sieno molto vicini tra loro; solo l'ipocentro dell'ultimo terremoto sarebbe alquanto più superficiale, e crede che il terremoto del 1908 sia da riferire al medesimo centro sismico di quelli del 13-14 settembre 1876, 7 febbraio a ore 22 e 11 giugno 1783, aprile-maggio 1780, 8 giugno 1599, 25 febbraio 1509 (1).

È possibile che una medesima area abbiano colpito i tre terremoti del 5 e 7 febbraio e del 28 marzo 1783, che ordinariamente si ritiene, come dirò, abbiano denunziato un successivo spostamento sismico da sud a nord, dalla Piana all'Istmo di Catanzaro. Conviene riflettere che ogni successiva scossa trovava indebolite e sconnesse precedentemente le costruzioni che perciò man mano venivano atterrate sopra superfici sempre più lontane dal centro di scotimento. Se dopo il 28 marzo altre scosse fossero succedute, le rovine si sarebbero propagate ancora più a nord, poichè a sud non vi era più territorio da rovinare.

Io credo che pure i terremoti del 12 settembre 1720, del 3 settembre 1724, del 23 febbraio e del 5 marzo 1743, e quelli del febbraio-luglio 1886, quantunque relativamente assai leggeri, abbiano avuto la medesima origine ed abbiano colpito la medesima area del 1783; così pure il terremoto del 12 ottobre 1791, che causò 15 morti, fu una ripetizione per lo meno della 2ª e della 3ª scossa disastrosa del 1783; ciò risulta evidente dall'area colpita: se non produsse gravi danni più a sud del Monteleonese, fu perchè la distruzione vi era già avvenuta 8 anni prima. Così il relativamente lieve terremoto del Monteleonese del 1869 è ripetizione per lo meno di quello del 7 febbraio 1783; e quello del 1905, esteso da Monteleone alla Valle del Crati, fu, secondo il Mercalli, una ripetizione, assai aggravata, del terremoto del 6 marzo 1886.

Per tali ragioni, esaminando i diversi periodi e le diverse regioni sismiche calabresi ed eliminando il meglio possibile, come dirò poi, i criterî personali e subiettivi, sono propenso a ridurre queste ultime a numero molto minore che non abbiano fatto i dottissimi Mercalli e Baratta, anzi a pochissime e quasi tutte permanenti. Osservando le zone di mortalità da me redatte sui documenti statistici, non è possibile non vedere che le aree dei terremoti del territorio Cosentino del 12 ottobre 1835 e del 12 febbraio 1854 si sovrappongono l'una all'altra esattamente (Tav. III); che in gran parte vi si sovrappongono le aree dei terremoti 8 giugno 1638 e 4 ottobre 1870 e probabilmente quelle di Cosenza dell'ottobre 1784 e del luglio 1785, e che esse fanno parte dell'area del gran terremoto detto di Nicastro del 27 marzo 1638, come di quello dell'8 settembre 1905. Non meno evidentemente parmi che l'area del terremoto di Palmi del 16 novembre 1894 copra una sola piccola parte di quelle dei terremoti Reggiano-Messinesi del febbraio 1783 e del decembre 1908.

(1) Mercalli, *Contr. alla st. del terr. 28 dic. 1908*, pag. 43.

In ognuno dei casi precedenti, dei quali si conoscono le statistiche esatte, ed in altri simili, le scosse le quali provengono da un medesimo ipocentro sismico hanno intensità diversa, come diversa energia hanno le varie successive eruzioni di un medesimo vulcano.

Di avviso differente, che non credo preferibile, è l'Omori, il quale come già dissi, suppone che i nostri terremoti si propaghino lungo una sua supposta zona di debolezza corrispondente alla linea di spartiacque della penisola, per modo che i grandi disturbi non si ripetano mai in un medesimo centro (1); ciò sempre coerentemente all'idea sua e dei sismologi Giapponesi, che i disturbi derivino da causa così detta tettonica, e non vulcanica.

I detti centri sismici, pochi o molti che sieno, sono in certo modo paragonabili ad un cratere vulcanico con ripetute saltuarie eruzioni centrali in periodi diversi.

I centri sismici delle Calabrie, che così nettamente si arrestano nella parte inferiore della valle del Crati, rimanendo completamente distinti da quelli della Basilicata e delle più settentrionali regioni della penisola, in sostanza si ripetono attorno ad un centro sismico sotterraneo principale e permanente, la cui area sismica si sposta più o meno verso l'uno o l'altro punto della superficie scossa, secondo il Mercalli ed altri, anche durante uno stesso periodo sismico; per modo che, secondo questi autori, solo parzialmente l'area d'un terremoto si sovrapponga a quella di un altro.

Così il Dolomieu e gli altri osservatori del terremoto Calabrese del 1783, poi l'Hoffmann, affermarono che il centro dei maggiori danni del terremoto del 5 febbraio 1783 fu Oppido; pel terremoto del 7 febbraio quel centro fù di circa 40 km. più a nord nord-est verso Soriano, e pel terremoto del 28 marzo fu ancora di altri 30 km. più a nord nord-est verso Girifalco. A tali terremoti l'Hoffmann propose il nome di *lineari*, escludendo che si potessero attribuire o nemmeno comparare alla formazione di una faglia, che invero, secondo le cose dette in addietro, non si constaterebbe in quelle regioni; egli, sebbene li intendesse nel senso odierno dei così detti terremoti tettonici, li paragonava all'ordinamento lineare dei vulcani e delle eruzioni vulcaniche (2). Così pure, giustamente osservava il Mercalli, durante una eruzione vulcanica si può avere la contemporanea e successiva formazione di crateri avventizî in più punti all'intorno di un cono principale (3); e questo paragone fra i terremoti calabresi in generale ed i vulcani, mi par giusto. Però la saltuarietà reale, o talora solo apparente, dei centri sismici, può essere connessa, oltre che con la natura dei focolari sismici ipogei, non comparabili affatto ad una linea e meno che mai ad un punto ma piuttosto ad un nucleo o compartimento più o meno ampio ed irregolare, può essere connessa, dico, con la diversa energia dell'impulso che può essere anche completamente ammortito prima di giungere alla superficie, ed in molta parte con la natura delle rocce la quale determina l'emergenza in certe direzioni piuttosto che in altre, e che più in certi tratti che non in altri cagiona le rovine.

(1) Omori, *Prel. Rep. on the Mess. Reggio Earthq.*, pag. 44.

(2) F. Hoffmann, *Geschichte der Geognosie*. Berlin 1838.

(3) G. Mercalli, *I terremoti della Calabria meridionale*, pag. 144; *A proposito dei rec. disastri sismici cal.*, pag. 6).

VII.

Profondità degli ipocentri vulcanici e sismici. Gradiente termico.

Esaminata la distribuzione orizzontale nello spazio, resterebbe da esaminare la distribuzione verticale, cioè la profondità de' focolari, argomento, per verità, assai difficile.

Quanto ai terremoti, abbiamo già escluso che, almeno i nostri, si debbano a sprofondamenti di cavità: abbiamo pur detto come non risultino cagionati da lesioni e faglie che si manifestino alla superficie del solido sottosuolo, e riteniamo provato che le fessure e le faglie assai superficiali del suolo sabbioso siano una conseguenza, non una causa del terremoto. Credemmo perciò, pur senza altre considerazioni, che l'origine dei terremoti, solo dovuta a cause endogene, sia abbastanza profonda.

Entrando nel campo delle ipotesi, e d'altra parte avendo veduto i rapporti che, almeno per le Calabrie, passano fra i terremoti ed i campi vulcanici, poniamo per un momento come provata l'ipotesi che la profondità de' terremoti nostri sia presso a poco la stessa profondità di formazione delle materie laviche: che cioè l'ipocentro de' terremoti e de' vulcani sia unico: e vediamone le conseguenze.

Varî sono i metodi tentati dai sismologi per indagare la profondità dei terremoti. Il metodo del Mallet, di dedurre l'epicentro dall'angolo che le fessure delle case fanno con l'orizzonte, si può dire già abbandonato. Le fessure si formano fra i punti più deboli, qualunque sia l'epicentro, il quale, con questo sistema, risulta sempre troppo poco profondo rispetto a quanto diremo poi. Fallace risultò il metodo del Seebach fondato sull'ora d'arrivo della scossa nei diversi punti, dipendendo quella dalla diversa multiforme natura delle onde sismiche, dai coefficienti d'elasticità diversi secondo le diverse rocce traversate, dai fenomeni di riflessione e di rifrazione verificati; inoltre esso non tiene conto della curvatura della superficie terrestre. Più ancora è fallace il metodo del Falb che consiste nell'apprezzamento del tempo trascorso fra il rombo sotterraneo, spesso mancante, e l'oscillazione del suolo in un dato punto.

Il metodo del Dutton, che ritiene l'intensità dello scuotimento inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal centro, è fallace in causa dell'eterogeneità delle rocce, della variabile energia dello scotimento, e della mancata considerazione degli attriti e dà pure valori bassi. Così danno risultati illusorii i metodi del Rudzki e del Kövesligethy, che l'azione sismica ritengono irradii dall'unico supposto ipocentro con raggi di forza rettilinei, i quali conservino inalterata la loro direzione anche alla superficie. I due primi metodi, pel terremoto del 10 novembre 1894, dettero al Riccò cifre di poco superiori ai 20 km.; l'ultimo dètte al Riccò la cifra di 159 km., che parmi, come dirò, superiore al vero. L'ultimo metodo poi dette al Rudzki, pel terremoto del 1905, la profondità dell'ipocentro in km. 4,53 per la prima fase, in km. 11,01 per la terza (1), cifre che mi paiono, a loro volta, inferiori

(1) M. P. Rudzki, *Ueber die Tiefe des Herdes des Calabrischen Erdbeben vom 8 sept. 1905.* (Bull. de l'Acad. d. Sciences, Cracovie, 1907, pag. 40).

al vero, come quella di km. 9 che Oddone dedusse col metodo del Kövesligethy pel terremoto del 1908 (1).

Lo Schmidt sostiene avvenire la propagazione delle onde sismiche nelle profondità a traverso strati concentrici di rifrangibilità via via diversa, perciò con velocità variante: idea che, se risponde al concetto fisico teorico, probabilmente trova molti scogli nella pratica. Or egli determina la profondità partendo dall'ampiezza della circonferenza descritta intorno all'epicentro sulla quale la velocità di propagazione presenta un valore minimo: con questo metodo il terremoto dell'8 settembre 1905, che emerse sopra un'area ellittica molto allungata, avrebbe avuto profondità che sembrano troppo ragguardevoli, fra 290 e 800 km.

Il Rizzo, modificando questo metodo, ritiene la profondità dell'ipocentro misurata dall'altezza della calotta sferica limitata dalla circonferenza di velocità massima: secondo lui, perciò, la profondità probabile del centro della scossa del dì 8 settembre 1905 sarebbe di circa 50 km. (2), e si avvicina a quello che nel terremoto del 1908 dedurrò poi in altra guisa. Però, pur questo metodo, anche ad eguali profondità di ipocentro, dà misure variabili secondo la diversa energia del terremoto: ciò indipendentemente dalle difficoltà derivanti dall'allungamento delle aree ellittiche in correlazione con la natura dei terreni e dalla difficoltà di aver misure sufficienti a determinare quell'area ellittica. Però il Rizzo, prudentemente, pel terremoto del 1908 si limita a ritenere che « l'origine del movimento sia stata molto vicina alla superficie » (3).

Del resto tutti questi metodi hanno il difetto di voler esprimere la distribuzione dei terremoti nello spazio con formole che sono soltanto una funzione della distanza, prescindendo dall'elemento essenziale che sta nella natura delle rocce. Non so che alcuno abbia adottato metodi fondati sulla conoscenza degli strati e dei fatti geologici.

Questione non meno ardua è quella della profondità cui possono avere origine le lave coeve ad una eruzione ed in generale le materie fuse uscenti dai vulcani.

Ad avere la scorrimento o la viscidità di una materia lavica presso la superficie basta che alcuni dei componenti sieno fusi. Certo, in un campo vulcanico che si manifesta per la prima volta, come avvenne per le Lipari circa alla fine del Terziario le materie non possono sorgere da profondità minori di quelle che sono necessarie per la loro fusione, pur tenendo conto delle calorie che esse perdono nella strada pei lavori meccanici compiuti e pel contatto con le rocce superficiali più fredde. Una volta che il campo vulcanico è aperto, il grado geotermico si accosta alla superficie, e la profondità necessaria per dare materie fuse diminuisce: ne vedremo un esempio or ora.

(1) E. Oddone, *Appunti fisici per lo studio del terremoto di Sicilia e Calabria addì 28 dicembre 1908.* (Soc. degli ingegneri e degli architetti italiani. Norme edilizie per i paesi soggetti a terremoti. Roma, 1909, pag. 47). — *Relazione preliminare intorno al grande terremoto di Sicilia e Calabria del 28 dicembre 1908* (Die Erdbebenwarte VIII, n. 1-6, Lubiana, 1909, pag. 7).

(2) G. B. Rizzo, *Sopra il calcolo della profondità degli ipocentri nei movimenti sismici,* (Acc. Sc. Torino, vol. XLI), Torino, 1906.

(3) G. B. Rizzo, *Sulla propag. dei mov. prod. dal terr. del 28 dicembre 1908,* pag. 62.

La temperatura dell'ipocentro atta a fondere tutti i materiali eruttati, può essere diversa secondo la natura dei materiali stessi (1). Senza entrare in complicatissime questioni di fisico-chimica, possiamo stabilire che ad avere una eruzione di roccia trachitica, come appunto la massima parte delle roccie delle Lipari, occorrono almeno 2000° C. di temperatura. Ad avere una eruzione assai basica ne occorrono almeno 900, e, secondo Daly, 1300°. Però per le rocce alquanto meno basiche dell'Etna stessa e del Vesuvio, e molto più per alcune poche, più basiche, delle Lipari (leucito-basaniti di Vulcanello e di Stromboli, basalti e basalto-andesiti di Stromboli, Salina, Filicudi, Alicudi, Ustica), può bastare una temperatura alquanto minore.

Per avere almeno 2000° C. all'ipocentro delle Lipari, quando i vulcani di questo campo si aprirono, attenendosi al solito gradiente medio di 1° C. ad ogni 33 m. (anzi, supponiamo, ad ogni 30 m. partendo da 0° C. di temperatura) occorrerà allo ipocentro un minimo di profondità di 60 a 66 chilometri.

La permanenza delle eruzioni innalza assai il gradiente termico. A Pantelleria, a Lipari (Bagni a 60° C.), a Panaria, Bottaro, Vulcano, Ischia (sorgenti del Gurgitello 60° C. ed altre), al Monte Nuovo, alla Solfatara (Bagnoli, Pozzuoli, Stufe di Nerone, Agnano fino a 76° C.), al Vesuvio, e nei vulcani che non siano troppo alti e troppo massicci alla guisa dell'Etna e dello Stromboli, la temperatura di quasi 100° C. trovasi già a pochi metri dal suolo sotto la quota 0. Si ignora però, ripeto, come proceda l'aumento in giù. Se il gradiente fosse tuttora di 1° C. ad ogni 30 metri, i 2000° C. si troverebbero a cira 57000 m. Pure è da ritenere che il gradiente sia più rapido assai, e che sotto il cratere di un vulcano attivo da tempo, la profondità cui trovasi in permanenza la lava fusa sia di poche diecine di migliaia di metri. Se la profondità fosse p. e. di 10000 m., partendosi da 100°, il gradiente sarebbe di 1° C. ad ogni m. 5,26.

È però da notare che siffatto gradiente, quale esso sia, accostatosi alla superficie in seguito alle permanenti eruzioni del campo vulcanico, si va deprimendo rapidamente nelle regioni circostanti, fino a ridursi a quello normale.

Nella periferia lontana delle Lipari sul littorale Calabrese e Siciliano non abbiamo alcun indizio che il gradiente termico devii da quello medio normale di 1° C. ad ogni 33 o, sia pure, 30 metri.

Nella galleria Peloritana che si interna 466 m. sotto la cresta di spartiacque dal M. Ranchiglia, e molto meno nelle gallerie assai superficiali di Calabria, non si ebbe sentore di aumenti di temperatura. Nel campo dei terreni cristallini Calabro-Peloritani sono molto scarsi e forse superficiali le sorgenti termali ed altri fenomeni i quali diano indizio di un incremento anormale di temperatura nel sottosuolo, il che veramente stupisce in una regione attigua a così attivi vulcani, e può spiegarsi appunto solo col ritenere che, data la sufficiente lontananza, il gradiente geotermico vi sia ritornato normale.

In Sicilia le sorgenti termali di Castroreale, Alì, Termini, Acireale, Sciacca, sono all'infuori del campo sismico nostro ed alcune almeno fra queste hanno certamente cause non vulcaniche. Una scarsa sorgente solfurea e leggermente salina, indi-

(1) C. De Stefani, *Die Phlegraeischen Felder* (Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 156). Gotha, 1907, pag. 187.

cata a Messina nei tenimenti già Cassibile, ha temperatura normale (1). Scarsissime sono le sorgenti termo minerali in Calabria, e scarsissime notizie se ne hanno.

Temperatura normale hanno le acque cloro-sodiche di Caccuri, Casabona, Cotrone, Mesuraca, Marcedusa, nel versante Jonio, come quelle, più lontane, di Lungro a Nord del Crati, le quali si mineralizzano superficialmente a contatto cogli strati saliferi terziarî, ed un'acqua, ritenuta solfato-sodica, di Antonimina nel versante Jonio. La sorgente ferruginosa-arsenicale dell'Acqua bollita, presso Gimigliano, ha circa 35° C. ed esce dalle Filladi che ivi contengono solfuri metallici (2); così dalle Filladi esce l'Acqua Calda presso S. Roberto d'Aspromonte, della quale non si conoscono le circostanze (3). Acque non termali, ritenute ferruginose, sgorgano dagli schisti cristallini presso Girifalco, Gasperina, Montepaone ed alla Fontana vecchia presso il Pizzo, in questo ultimo luogo con acido carbonico (4). Sempre secondo il Cortese, l'Acqua Santa presso Antonimina con cloruro sodico e solfati esce dai terreni terziarî con temperatura di 37° C.: nella Fiumara dei Bagni sotto Guardia Piemontese e Acquappesa, alla base di calcari cristallini, escono due sorgenti solfuree ed una alquanto ferruginosa con 38° a 42° C: nell'alta valle del Crati si hanno piccole sorgenti solfuree, fredde, che escono dai Micaschisti, a Rota Greca, Lattarico, San Benedetto Ullano, Cerisano, ovvero dai Calceschisti di Rose e Spezzano Albanese; ed altre simili escono dai terreni gessosi del Miocene a Strongoli, Melissa, S. Nicola dell'Alto lungo il littorale Jonio, e a Cerenzia.

A Sambiase presso Nicastro, a piè del massiccio di rocce verdi e di calcari cristallini che costituiscono il Monte Reventino, escono abbondanti acque solfuree con temperatura di 35° a 39° C., probabilmente mineralizzate e rese termali dai solfuri metallici contenuti nei calcari stessi che costituiscono il bacino acquifero di grande portata delle sorgenti. Altre sorgenti solfuree, fredde, sono non molto lungi a Miglierina presso Tiriolo, poi, nel versante Jonio, a Stilo (Cortese); di termali se ne hanno al Cetraro nel circondario di Paola. A Galatro nel circondario di Palmi ne sgorgano dalle rocce gneissiche con temperatura di 34° a 37° C. Due sorgenti solfuree, apparentemente a temperatura normale, spuntano a meno di 1 km. una dall'altra dai pantani sulla destra del Marro nel territorio di Jatrinoli (5); ed una nella contrada Covara, presso Solano, esce dal *Gneiss*. Acque solfuree ferruginose fredde escono dagli schisti carboniosi presso Bagaladi, e nelle contrade Angria e la Vecchia presso Palizzi; pure a Polistena è una sorgente solfurea, probabilmente assai superficiale, con solí 15°, 4 C. I vulcanetti di fango di S. Sisto nella valle del Drago fra Rende e Montalto Uffugo gettano acqua fangosa a temperatura normale e sono prodotti da sorgenti di carburo di idrogeno accompagnato da acqua, in mezzo ad argille del Postpliocene che essi spappolano uscendo (6).

(1) G. Seguenza, *Studio chimico di un'acqua solfurea a Messina*. Palermo, Clamis, 1858.

(2) E. Cortese, *Descr. geol. della Calabria*, pag. 278.

(3) T. Taramelli, *Relazione all'on. senatore P. Blaserna* (Rel. della Comm. Reale incaricata di designare le zone più adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908), pag. 94.

(4) De Stefani, *Jejo, Montalto*, ecc., pag. 55.

(5) Cortese, *Sull'esistenza di un dicco basaltico*, pag. 339.

(6) C. Crema, *Una visita alle salse dette « Bocche del Drago » presso San Vincenzo la Costa, nel Circondario di Cosenza*. (Boll. Com. geol. d'Italia, 1909).

L'origine del gas può essere profonda qualche centinaio di metri e derivare dai terreni terziarî; ma non dà cenni di termalità.

Delle predette sorgenti, dunque, quelle fredde clorurate, non che i getti di carburi d'idrogeno, hanno origine da rocce superficiali; quelle solforose fredde o termali hanno origine da contatti con rocce gessifere o da alterazioni di solfuri minerali, dalle quali pure ricevono la termalità in strati non profondi. Mancano i getti di acido carbonico, i quali sogliono formare come una aureola periferica ad ogni regione vulcanica attuale o geologicamente non troppo antica. Essi sono i più chiari e più durevoli, benchè i più eccentrici testimoni della vulcanicità. La loro mancanza nella Calabria non è spiegabile forse soltanto con la mancanza di strati calcarei nella regione più profonda, ma piuttosto si accorda con la mancanza di ogni traccia di vulcanicità locale antica o recente, ed attesta che questa è assai profonda o lontana, verso le Lipari; che i terremoti, passati e prossimi, sommovendo il terreno, non hanno mai prodotto fessure profonde che facessero comunicare la superficie con le regioni interne; e che la sede dei terremoti benchè sottostante, è veramente assai profonda, indipendente dalla forma e dalla sostanza della superficie, e non comunicante in alcun modo con questa.

Perciò liberamente possiamo ritenere che lungo il littorale Calabro-Peloritano, partendo dalla quota 0 e sotto le profondità del mare più vicino o sotto lo stesso littorale della terraferma, verosimile sede degli ipocentri o dell'ipocentro sismico, il gradiente sia, come dicevo, di circa 1° C. ad ogni 30 metri.

Il mare contiguo, tra Lipari ed il Capo Vaticano, ha la profondità massima di m. 1270; fra Stromboli ed il Capo Vaticano, presso Stromboli, passa i 2000 metri. La temperatura del mare a profondità è di poco superiore a 12° C. Perciò, a trovare la temperatura di 2000° C. necessaria per un ipocentro vulcanico di nuova formazione occorrerebbe scendere almeno a 59640 metri sotto il fondo del mare, cioè a circa 61 km. sotto la quota 0: profondità minima, senza la quale probabilmente non si spiegherebbe l'estensione dell'area cui giungono i terremoti.

Essa combina quasi, casualmente, con la profondità di 50 km. attribuita all'ipocentro del terremoto dell' 8 settembre 1905 dal Rizzo, ma non con le profondità attribuite con altri metodi da altri autori e ad altri terremoti.

Si ricordi, però, che una energia sismica minore, ad uguale profondità di ipocentro, trattata matematicamente col metodo del Rizzo, avrebbe dato cifre diverse.

Come poi da un ipocentro vulcanico sorgono eruzioni di intensità differente, così si verifica dagl'ipocentri sismici. Vediamo infatti sovente entro l'area di terremoti più estesi, come quelli del 1638, del 1783 e del 1905, ripetersi scosse limitate ad aree assai meno estese.

Secondo l'energia dell'urto sismico questo giunge invero a colpire maggiori o minori estensioni di superficie: ed è pur questa variabilità dell'energia secondo i singoli urti periodici che impedisce di determinare esattamente l'ipocentro d'un terremoto coi metodi comunemente usati.

Pensano alcuni con Poulett Scrope, Daubrée, Gerland ed altri molti — lo pensò anche di recente, sebbene con una serie di ragionamenti geologici e fisici sovente non

fondati, il See (1), e lo pensai talora io stesso — che causa di terremoti potesse essere la trasformazione in vapore di grandi masse d'acqua improvvisamente penetrate nei focolari vulcanici.

Il concetto più facile, e direi più tangibile, per supporre l'origine di una forza di miliardi di megadine nell'interno della terra, coi conseguenti miliardi di ergon, è la trasformazione di sia pur piccole quantità di acqua in vapore alle temperature interne altissime. Il lavoro conseguente a questa trasformazione e l'enorme quantità di energia potenziale improvvisamente sviluppata in questa guisa e trasformata in vibrazioni elastiche, parmi superiore a quella che potrebbe svilupparsi per qualsiasi altra causa nelle regioni esterne della terra. Secondo le esperienze del Daubrée acqua ne penetra continuamente nell'interno delle rocce; e quando queste sieno ad alta temperatura, ne penetra anche vincendo la tensione contraria dei vapori che si formino.

Acqua può penetrare anche in quantità a traverso fessure beanti. Però siffatta causa di terremoti sarebbe, pur sempre, troppo superficiale.

Si conoscono parecchi esempî classici di esplosioni in regioni vulcaniche avvenute per simili penetrazioni di acque esterne ma senza accompagnamento o sèguito di materie fuse; tali sono le esplosioni del Bandai San, del Taravera, del Cracatoa, ed altre minori anche nei vulcani nostri; ma sono fenomeni superficiali, per quanto giganteschi, che dànno luogo a perturbazioni atmosferiche, a maremoti mondiali, ma a terremoti poco energici fuori delle immediate adiacenze, poichè la forza viva conseguente all'esplosione è quasi totalmente consumata nella proiezione dei materiali.

In una regione vulcanica, per quanto dormiente, come quelle precedentemente nominate, le esplosioni possono aver luogo anche a profondità non grandi. In regioni nelle quali il gradiente termico sia normale, la sede delle esplosioni potrebbe essere da 3000 a 9000 metri di profondità, e sotto una massa di rocce sufficiente a vincere ogni tensione di vapori; quindi a profondità troppo piccole per dar luogo a terremoti aventi un'ampia area epicentrale energicamente scossa.

Le cause probabili di terremoti energici, indipendenti da esplosioni, risiedono evidentemente a profondità maggiori.

Per l'appunto la temperatura intorno a 2000° C., quale per lo meno abbiamo supposto esistere nei focolari vulcanici delle Lipari, è quella oltre la quale comincia la dissociazione del vapore acqueo. Viceversa, a quella temperatura e al di sotto di essa, ossigeno e idrogeno si combinano con esplosioni, con diminuzione di volume, con effetti termici, per dare luogo alla riformazione del vapore acqueo e dell'acqua. Tale combinazione, che nelle regioni a gradiente normale può aver luogo a circa 6 km. di profondità per qualsivoglia diminuzione di temperatura dell'ambiente, può bene dar

(1) T. J. See, *The cause of earthquakes, mountain formation and kindred phenomena connected with the physics of the earth.* (Proc. of the Amer. philos. Soc., vol. XLV, 1907). — *On the temperature, secular cooling and contraction of the earth, and on the theory of earthquakes held by the ancient — The new theory of earthquakes and mountain formation, as illustrated by processes now at work in the depths of the sea* (Ibidem, Vol. XLVI, 1907). — *Further researches on the physics of the earth, and especially on the folding of mountain ranges and the uplift of plateaus and continents produced by movements of lava beneath the crust arising from the secular leakage of the ocean bottoms* (Ibidem, Vol. XLVII, 1908).

luogo ad esplosioni ed a terremoti di origine profonda se i gas combinati sieno in quantità tali da esplicare grandi energie.

Questa è una delle ipotesi che si possono fare; ma in una regione, soggetta ad elevatissime pressioni e temperature, che improvvisamente si apra alla vulcanicità e che perseveri nella medesima, i fenomeni fisici e chimici seguìti da esplosioni per contatti e miscele cui non convengano pressione e temperatura normali, in un ambiente che i laboratorii non possono completamente riprodurre [1], possono essere tali e tanti che a volerne supporre uno piuttosto che un altro, per attenersi al verosimile si uscirebbe dal vero. A noi basti, circa la causa dei terremoti, supporre come ipotesi più verosimile il loro intimo rapporto con la vulcanicità, e la loro derivazione da esplosioni energiche, profonde, le quali possono aver luogo in qualunque tratto dell'area sismo-vulcanica o sismo-plutonica che dir si voglia, fra le Lipari ed il mare Jonio, assai al di sotto delle rocce gneissiche più antiche, sia sotto le profondità del mare fra le Lipari e la Calabria, o sotto quelle dello Stretto, sia sotto i massicci gneissici superficialmente visibili della Calabria, sia sotto le più recenti rocce superficiali del versante Jonio: nel qual caso, come si vide e ripeteremo, le vibrazioni sismiche le quali emergono vanno soggette a speciali deviazioni e localizzazioni, appunto per la varietà delle rocce che incontrano alla superficie.

Il carattere fisico dei terremoti è, salva l'intensità, quello stesso dei sismi prodotti dalle esplosioni artificiali, specialmente se la forza viva si consuma tutta nelle vibrazioni e non anche nella proiezione dei materiali.

Noto che Omori, proprio per i terremoti Calabro-Peloritani, o per lo meno per quello del 28 dicembre 1908, è di avviso affatto contrario al mio. Egli afferma che nel caso di esplosione per dinamite [2], od anche di esplosione vulcanica, il primo movimento del suolo nei luoghi più vicini al centro del disturbo è centripeto o convergente verso questo, mentre nel terremoto suddetto fu, egli dice, centrifugo o divergente; perciò la causa non fu una esplosione vulcanica, ma piuttosto la formazione di una fessura diretta da E-NE a O-SO [3]. Però convien notare che il dottissimo maestro non ha osservato la direzione degli urti nel caso della spaccatura di una roccia; che non si sono osservate anomalie nel caso di numerosissimi terremoti limitati alla periferia di un cratere vulcanico e certamente vulcanici, nè per ora si sa che i primi movimenti vi si manifestino diversamente da altri terremoti; che nel lungo terremoto del 1908 fu ben difficile discernere la direzione del primissimo movimento da quelli successivi benchè il Rizzo attesti aver sempre « provato l'impressione « ogni scossa fosse prodotta da un colpo diretto dal basso all'alto » [4]; che per effetto di un sistema di vibrazioni pur aventi direzione unica, il che difficilmente avviene, o di una vibrazione dominante, gli oggetti possono cadere sia in una stessa direzione, sia in direzioni fra loro opposte. Nel terremoto del dicembre 1908 le osservazioni dell'Omori sulla direzione predominante del movimento sismico combinano in sostanza

[1] S. Arrhenius, *Lehrbuch der kosmischen Physik*. Bd. I, Leipzig 1903, pp. 230 e 283.
[2] F. Omori (Bull. of the Imp. Investigation Comm., n. 21).
[3] Omori, *Prel. Rep. on the Mess. Reggio Earthq.*, pag. 41.
[4] Rizzo, *Sulla prop. dei movimenti*, pag. 3.

con quelle del Mercalli (1), e con quelle che io feci per Messina sui monumenti quasi tutti spostati del camposanto, che avrebbero meritato una speciale monografia a sè. Eran questi caduti in tutte le direzioni ma prevalentemente, e per lo meno pel primo più forte movimento, a S-SO. Queste osservazioni sulla direzione degli oggetti caduti, già difficili e complicate, sono però poco concludenti; e quando si tratti di oggetti situati in alto sopra terra, sui quali pur si fermano talora il Mercalli e forse l'Omori, sono inutili e insufficienti, come già dimostrai pure in un altro lavoro (2). E per lo meno a Messina, chi potrà affermare che il primo movimento sia stato all'infuori come deducesi dall'osservazione del Rizzo piuttosto che all'indentro di un supposto centro vulcanico o meno?

Per me dunque il terremoto è un conato di eruzione vulcanica abortito per la grande profondità nella quale ha luogo e perchè la tensione sta sempre al di sotto del massimo limite atto a vincere la resistenza delle rocce sovraincombenti. Questo concetto non si allontana molto da quello che il Gerland manifestava al Congresso geografico internazionale del 1897, oppugnando che la causa dei terremoti fosse in rapporto con la formazione delle catene montuose e con regioni di sprofondamento. Egli ne pone l'origine in quella zona appunto che segna il passaggio delle materie terrestri dallo stato interno ritenuto come di gas, soggetto a tutte le leggi dei gas, allo stato fluido, e da questo al solido.

Non si allontana molto da queste idee il Mercalli che chiama intervulcanici i terremoti calabro-peloritani: sebbene egli sembri talora non molto fermo in questa idea. È questa, dei rapporti fra vulcani e terremoti, un'idea assai antica, del Gassendi, del Humboldt, del Dolomieu, del Hamilton, ecc. ecc., non che dello Stoppani e del Suess, in quanto distinguono col nome di *perimetrici* o *periferici* i terremoti che si manifestano nelle regioni circostanti e adiacenti a vulcani.

Il Taramelli, e in parte anche il Mercalli, rinnovando una ipotesi già fatta altrove, suppongono che i terremoti calabresi sieno originati da *Laccoliti*, cioè da fessure assai profonde formate e riempite a loro volta da iniezione di materie laviche trachitiche le quali non riescono a giungere fino alla superficie (3). È vero che si tratterebbe di profondità grandi, cui l'osservazione esteriore non giunge; ma poichè ancora non arrivarono allo scoperto nella regione esempî di tali Laccoliti, e poichè non vediamo traccia alcuna di tali fessure, talune delle quali dovrebbero pur giungere alla superficie o manifestarvi gli effetti loro, così riteniamo questa ipotesi come meno verosimile, pur tralasciando di osservare che l'idea dei Laccoliti è parecchio controversa e da molti oppugnata.

(1) Mercalli, *Contrib. allo studio del terr. Cal. Mess. del 28 dic. 1908*, pag. 31.

(2) C. de Stefani, *Osservazioni geologiche sul terremoto di Firenze del 18 maggio 1895* (Ann. d. Uff. centr. di Meteorologia, vol. XVII). Roma 1897, pp. 17 e seg., 32.

(3) T. Taramelli, *Dei terremoti di Calabria e Sicilia.*

VIII.

Propagazione delle vibrazioni sismiche. Ombre sismiche.

(Tav. II, III e IV).

Esaminiamo ora, in quanto si possa, l'andamento che i terremoti hanno più dappresso alla superficie.

Si disse che al primo aprirsi dell'èra vulcanica assai probabilmente le eruzioni si dipartirono da un'area epicentrale non meno profonda di 60 km., cioè al disotto del limite di quella solidità effettiva che è conseguente al non essere ancora la temperatura locale sufficiente alla fusione delle rocce; in altra parola, da quel confine nel quale le rocce già sono potenzialmente fluide per l'alta temperatura ma si mantengono effettivamente solide per l'alta pressione fino a che una rottura di strati, od un'altra circostanza, abbassi questa e per la rapida scarica della pressione predetta trasformi il lavoro potenziale di elasticità in forza viva così violentemente da trasformare insieme in fluidità cinetica la fluidità potenziale.

Stando a quel che dissi, questa dovrebbe essere pure l'area epicentrale dei terremoti, che successivamente, come pei vulcani, può in parte rialzarsi e ravvicinarsi alla superficie per l'aumento di temperatura portato negli strati alti dal succedersi delle eruzioni.

Ora se è vera l'ipotesi dell'esistenza d'una massa terrestre centrale uniforme, conviene ritenere che le aree epicentrali dei vulcani, e conseguentemente dei terremoti Calabro-Peloritani, risiedano al di sopra di quelle masse uniformi; in altre parole, a 60 km. dalla superficie esistono ancora rocce così difformi tra loro come se fossero altrettante rocce superficiali d'origine sedimentare, quantunque cristalline ed antichissime. Infatti i prodotti vulcanici delle Lipari sono quanto mai diversi tra loro, mostrando che non derivano da una massa centrale uniforme; e questa difformità non vien meno nè manco se i magma centrali si riducano a pochi tipi accettando le ipotesi, tutt'altro che provate, dei magma centrali poco numerosi, o le altre del Pirsson, Iddings, Brögger, Poulett Scrope ecc., di magma unico.

In realtà le masse sedimentari paleozoiche, mesozoiche e neozoiche, della penisola italiana, prese nel loro insieme, hanno un'altezza che arriva a qualche diecina di chilometri, sebbene non certo a 60.

Ecco un tentativo di riprova di questa affermazione dalle rocce più recenti alle più antiche.

Postpliocene di Sicilia e di Calabria	alt. m.	800
Pliocene di Sicilia, di Calabria, dell'Appennino in generale .	»	1000
Miocene superiore e medio dei detti luoghi	»	1200
Miocene inferiore: Sicilia, Calabria, Appennino ligure, Prealpi vicentine	»	800
Eocene: Sicilia, Appennino settentrionale	»	3000

Creta: Sicilia, Puglie, Appennino centrale . . . . . alt. m. 1800
Giura, compreso il Lias: Sicilia, Calabria settentrionale; Appennino centrale, toscano, veneto . . . . . » 2500
Trias: Sicilia, Basilicata, Alpi Venete . . . . . » 3000
Permiano e Carbonifero: Toscana, Alpi venete e occidentali . » 1500
altrove le altezze sono assai maggiori.
Devoniano: Alpi venete. Siluriano e Cambriano: Sardegna, Alpi venete . . . . . » 3000

In totale — comprendendo anche le zone eruttive, o plutoniche che dir si voglia, delle zone rispettive — sarebbero m. 18,600 che, estendendo il calcolo a regioni non italiane, si potrebbero forse raddoppiare portando l'altezza a m. 40,000 o poco più.

Però le rocce sedimentarie postazoiche sembrano come già dicevo, ridursi a poche diecine o centinaia di metri nella zona vulcanica e sismica delle Lipari.

Sebbene alcuni credano che gli *Gneiss* sieno il nucleo cristallino primitivo di deposizione non sedimentare del pianeta nostro, questa opinione è ben lungi dallo essere accettata. A buon conto essa è meno verosimile anche pel campo vulcanico delle Lipari, dal momento che nelle Alpi occidentali, sotto gli *Gneiss* di Antigorio, tanto simili ai nostri, v'è un'altra non piccola serie di rocce cristalline scistose, non strettamente gneissiche. Il credere che proprio solo al cominciare del Cambriano sieno principiate le rocce sedimentarie, è un preconcetto che pochi ormai ammettono. La terra è assai più antica che non si creda. Tenendo pur solo conto degli alti stati cristallini dell'America settentrionale, che, sebbene sieno i più antichi visibili, non è da credere sieno tutti essi e solo essi gli strati più antichi, non si va troppo lungi dal vero ritenendo che le zone di rocce difformi, anche se non si voglia crederle già tutte sedimentarie, si avvicina appunto ai 60 km. già stabiliti. Sollas porta quella altezza a 80 km.

Ad ogni modo, ripeto, parmi assicurato che la zona epicentrale de' vulcani e de' terremoti calabro-peloritani abbia sede, non già in un nucleo centrale uniforme, bensì in rocce tuttora per origine difformi e già costituenti la veste solida esteriore del globo, dalle quali le onde sismiche si diffondono verso la superficie.

A grandi profondità le rocce sono soggette a pressioni forti, che ne aumentano la densità; e siccome le costanti elastiche crescono più rapidamente della densità, così si ritiene che le onde elastiche si propaghino con velocità maggiore nell'interno che non alla superficie (1). Inoltre devesi tener conto del fatto che sotto grande pressione — molto più trattandosi di rocce antiche o, in generale, di materie non sottilmente stratificate e di per sè isotropiche — le onde di eguale natura si dirigono con eguale velocità per ogni parte. La temperatura modifica grandemente i coefficienti d'elasticità, ma non sappiamo in quale progressione: anche per influsso della medesima, la quale è forse uniforme per ognuna di quelle successive zone interne, la media velocità di propagazione delle onde sismiche può essere, per grandi tratti, uniforme nelle profondità del centro sismico.

(1) H. Nagaoka, *Elastic Constants of Rocks and the Velocity of seismic Waves* (Public. of the Earthq. inv. Committee, n. 4. Tokyo 1900, pag. 62).

Man mano che le onde sismiche si accostano alla superficie, incontrano rocce a pressioni e a temperature via via minori, ed in circostanze litologiche assai diverse fra loro.

Si comprende perciò, anche dal punto di vista geologico, come la velocità delle varie onde emergenti alla superficie sia diversa secondo la distanza delle stazioni di osservazione dal centro sismico, e secondo la natura dell'ambiente attraversato; cioè secondo il coefficiente di assorbimento chilometrico dell'energia sismica negli strati superficiali ([1]).

Secondo quello che, ragionevolmente, Omori ([2]) e Oldham deducono dal modo di propagazione delle onde sismiche a traverso la terra, sembra che le velocità di transito sieno minori a traverso le masse continentali le quali presentano rigidità minore e deficenze di gravità a cagione delle cavità, dei fenomeni d'idrossidazione che hanno luogo nella zona superficiale di catamorfismo, dei conseguenti aumenti di volume, e del rapido gradiente termico. Invece nelle regioni suboceaniche la velocità di transito è notevolmente maggiore, e maggiore deve essere la rigidità, come ragguardevoli sono le anomalie positive di gravità, a cagione, osservò Faye, probabilmente, della maggior densità che deriva dal gradiente termico bassissimo il quale comincia da 0° C. al di sotto delle profondità oceaniche ridotte a quella temperatura già da lunghi periodi geologici.

Infatti, nel terremoto del dicembre 1908 ([3]) le prime onde preliminari ritenute longitudinali si propagarono in Europa con velocità chilometrica maggiore nelle regioni sottomarine o subterrestri fornite di anomalie positive di gravità e furono rallentate là dove ebbero a traversare catene di montagne o regioni fornite di anomalie negative. Perciò alle stazioni sui mari o quasi sul mare ampiamente comunicante con lo Stretto, tanto, a Nord del Tirreno (Caggiano, Ischia, Valle di Pompei, Rocca di Papa) e ad Est a Taranto, quanto a Sud alla Valletta, arrivarono avanti che a Palermo dove forse giunsero per la via di terra o disperse dai vulcani Eolici (chè, infatti, Ustica non la risentì ([4])) e a Lecce. Parimenti si propagarono più sollecite a N. E. in Oriente, esclusa la Grecia costituita da rocce antiche, attorno all'ampio bacino Danubiano, a Belgrado nello stesso tempo che a Pola e Fiume, prima che a Sofia, Atene, Siena, Ferrara; a Zagabria e Lubiana prima che alle quattro città precedenti e a Trieste, Padova; a Temesvar prima che a Pavia; a Graz prima che a Pavia e Moncalieri; a Budapest prima che a Ferrara, Pavia, Moncalieri, Domodossola, Graz, Atene; a Vienna prima che a Domodossola e Ferrara. Si vide ancora, pur prescin-

([1]) A. Galitzin, *Das sicilianische Erdbeben am 28 December 1908 nach den Aufzeichnungen der Pulkowa' schen seismischen Station* (Bull. de l'Acad. d. Sc. de St. Pétersbourg, Mars 1909). Egli determina quel coefficiente in 0,00027, valore concordante con quello di 0,00026 determinato dall'Angenheister a Gottinga, assai inferiore a quello 0,0218 determinato con altro metodo dall'Oddone. Però si tratta di medie costituite da elementi diversissimi, perciò teoretiche e poco utili.

([2]) F. Omori, *On the Dependence of the Transit Velocity of seismic Waves on the Nature of Path* (Bull. of the Imp. Earthq. Invest. Committee, vol. III, n. 2, Tokyo 1909, pag. 67).

([3]) Rizzo, *Sulla prop. dei mov. prodotti dal terr. di Messina.*

([4]) G. Martinelli, *La sismicità all'isola di Ustica* (Ann. d. Uff. cent. Meteorologico e Geod. italiano, XXX, Roma, 1910).

dendo da indicazioni date da strumenti italiani (Siena, Ferrara) forse imperfetti, che le vibrazioni tardarono a traversare le Alpi, e ripresero maggior velocità nel Bacino di Parigi. Questo è forse l'unico rapporto che può stabilirsi per ora fra la distribuzione della gravità e la propagazione dei terremoti. L'arrivo delle onde energiche prima alle stazioni del Tirreno che alla Valletta chilometricamente più vicina e dove pur forse si notarono le prime vibrazioni premonitorie, mostrerebbe poi che la partenza dello scotimento del 28 dicembre fosse principalmente fuori dello Stretto verso le Lipari piuttosto che entro il medesimo.

Non sappiamo, come già si disse, quali roccie esistano sotto lo *Gneiss*. Però, secondo l'ordinamento da me adottato lo *Gneiss* è la roccia più antica fra quelle che esternamente si vedono nella regione Calabro-Peloritana e che costituiscono la piattaforma della regione Eolica; così le onde sismiche emergono da esso, e da esso penetrano nelle altre rocce successive.

Lo *Gneiss* è, fra le rocce, quella *relativamente* più omogenea; di modo che, pur presso la superficie, le onde sismiche vi si propagano, ben inteso in funzione della loro ampiezza, e pur prescindendo dalla densità che superficialmente diventa minore, con velocità più uniforme. Sempre secondo esperienze fatte nei laboratorii al Giappone e altrove, presso la superficie e a parità di condizioni, la conducibilità per le onde sismiche e la velocità media delle onde longitudinali aumenta dal Granito e dal *Gneiss* passando ai micaschisti, poi agli schisti carboniosi, e diminuisce nei terreni terziarî; ciò precisamente secondo l'ordine di sovrapposizione dei terreni Calabresi. Si deve ripetere insomma nelle Calabrie quanto già fu verificato nel Giappone (1).

Però le onde sismiche, uscendo dal *Gneiss*, incontrano rocce non più uniformi, ma di costituzioni svariatissime, meno isotrope, con moduli di elasticità generalmente assai più alti, con strati sempre ben distinti, e quanto più si alzano, con densità minori.

In queste rocce la propagazione delle onde sismiche è ostacolata assai dalla schistosità ai cui piani le onde arrivano necessariamente con acuti angoli. Sappiamo infatti che i coefficienti di elasticità nelle diverse direzioni di una roccia siffattamente schistosa, parallelamente o normalmente agli strati, sono differentissimi.

Perciò, oltrepassati gli *Gneiss* le onde sismiche risentono innumerevoli serie di riflessioni, rifrazioni e dispersioni, ed incontrano, fuorchè, come vedremo, nelle sabbie terziarie e postterziarie, uno schermo che ne diminuisce e ne dissipa l'energia. È questa una delle poche e sicure conclusioni positive che in questa incertissima materia si verifichi ne' fatti.

La disposizione delle rocce intorno agli *Gneiss* l'ho già sommariamente accennata (Tav. II, IV).

A sud e sud-ovest dei monti Peloritani sta l'alta serie di schisti scuri, in parte almeno paleozoici, e di rocce mesozoiche e cenozoiche la quale precede a sud l'antica profondità marina e l'attuale cono vulcanico dell'Etna.

(1) Kusakabe, *Modulus of elasticity of rocks and velocity of sismic waves* (Bull. of the invest. earthquake Comm. 1904, n. 17. Tokio); *Frequency of aft. shocks*, Tokio 1906; *Modulus of elasticity of rocks and some inferences relating to seismology* (Journ. of the coll. of Science, Tokio, vol. XX, 1905).

A sud e ad est della Calabria meridionale le pendici sono in molta parte formate da rocce probabilmente paleozoiche e certo distintamente stratificate e molto schistose.

Al nord della Calabria cosentina e della valle del Crati stanno le rocce, parimente mesozoiche e cenozoiche, altissime, di Castrovillari e della Basilicata.

La distribuzione dei terremoti (1) è singolarmente subordinata alla accennata distribuzione dei terreni.

L'energia sismica, per frequenza e per intensità di terremoti, ha la sua massima manifestazione nella regione tirrena endogneissica della Calabria meridionale, nel tratto racchiudente la Valle del Mèsima e la Piana. (Terremoti del 1509, 1599, 1638 in parte, 1659, 1702, 1706, 1707, 1709, 1711, 1720, 1723, 1724, 1743, 1747, 1770, 1777, 1779, 1782, 1783, 1787, 1791, 1806, 1828, 1832, 1839, 1841, 1844, 1854, 1858, 1865, 1876, 1879, 1883, 1885, 1892, 1894, 1897, 1905, 1908, 1909). (Ved. Tavola III).

A Sud l'energia va quanto mai rapidamente diminuendo, tanto che il terremoto del 1908, che più del *Gneiss* circondante la Piana colpì la regione a Sud di esso, fu, per la sua locale energia, una rara eccezione.

Invece a Nord del territorio anzidetto l'energia sismica si manifesta e si propaga, sebbene con lenta ma reale diminuzione *complessiva* per intensità e per frequenza, nella Calabria settentrionale oltre l'istmo di Catanzaro, dove alla superficie o a poca profondità nel fondo sono ancora terreni *gneissici* o granitici.

Ad Occidente dei Monti Peloritani l'intensità dei terremoti Calabresi va rapidamente diminuendo man mano che dopo aver già attraversato gli *Gneiss* ivi nascosti e profondi, oltrepassa pure un'alta serie di schisti cristallini. Così pure, ordinariamente, questi servono di schermo e di riparo ai terremoti che provengono dalle coste settentrionali o da occidente della Sicilia (2).

Ad Oriente della Calabria meridionale l'energia diminuisce ancora più rapidamente e le rocce cristalline fanno schermo agli stessi minori centri sismici (Badolato, Gerace, Ferruzzano 1907) delle pendici orientali (3); mentre ad oriente della Calabria settentrionale si hanno alcune maggiori manifestazioni nella regione terziaria jonica (1658, 1783, 1832, 1842, 1855, 1894), specialmente per la natura sfatta dei terreni.

Invece ad Occidente della Calabria settentrionale la Catena littorale costituita da schisti — qualunque sia la loro età, finora non bene sicura — attutisce il moto sismico.

L'altissima serie delle rocce triassiche ed eoceniche dei monti di Mormanno, Verbicaro e Castrovillari, rende poi questi quasi assolutamente immuni dai terremoti Calabro-Peloritani.

Quanto più alto è lo schermo oltrepassato degli schisti cristallini e delle rocce schistose prettamente sedimentarie e nettamente stratificate, tanto più rapidamente diminuisce l'energia sismica.

(1) M. Baratta, *I terr.*; G. Mercalli, *I terr. della Calabria meridionale.*

(2) G. Martinelli, *Fenomeni sismici calabro-siculi precedenti il terremoto del 28 dicembre 1908* (Boll. Soc. sism. ital., vol. XIII. Modena, 1909).

(3) M. Baratta, *Il recente terremoto in Calabria* (Rivista d'Italia, novembre 1907, Roma).

È ben difficile calcolare l'altezza locale delle varie rocce postpaleozoiche di queste regioni, la quale può variare da uno ad un altro punto, per lo meno fra 2 e 4 km., altezza ben piccola rispetto a quella cui possono trovarsi gl'ipocentri sismici principali, e vulcanici, ma sufficente a produrre grandiose perturbazioni nell'andamento delle onde sismiche.

D'altra parte la profondità cui quelle rocce pervengono può essere notevolmente maggiore della loro potenza reale, a cagione delle ripiegature e delle inclinazioni degli strati.

Dalla identica natura delle regioni traversate dai telesismi d'origine Calabrese deriva la identità o quasi dei diagrammi nelle stazioni sismiche più lontane, come Tokio [1] ed altre, corrispondenti ai terremoti manifestati in periodi ed in tratti anche diversi della regione Calabro-Peloritana (p. es., al terremoto di Monteleone dell'8 settembre 1905 e a quello del 28 dicembre 1908): osservazione del resto già verificata dall'Alfani [2] e da altri pei tracciati di terremoti derivati da uno stesso epicentro.

Nota il Mercalli che sovente i più forti terremoti Calabro-Peloritani sono costituiti da due e talora da tre fasi ben distinte e d'intensità crescente, separate da istanti d'intensità minore [3]. Così avvenne nei terremoti del 27 marzo 1638, 5 febbraio e 28 marzo 1873, 16 novembre 1894, 28 dicembre 1908; ed io, col P. Alfani, notai il fatto evidentissimo nella forte replica, con apparente direzione tra Ovest ed Est, che sentimmo a Villa S. Giovanni a ore 20,20 del 13 febbraio 1909 scossa che fu risentita nello stesso modo dal rev.mo don Occhiuto a San Procopio. Lo stesso tipo di scossa fu osservato nella maggior parte delle repliche del terremoto dell'anno 1908 [4].

Una distinzione in fasi, che amplificata si dovrebbe poi riprodurre in lontananza, sembra si verifichi pure in terremoti meno energici di questa medesima regione, e per avventura se ne potranno dedurre caratteri speciali per questa. Però il fatto è frequente anche in terremoti d'altre regioni. Mi sembra poco probabile la spiegazione che ne dà il Mercalli, che cioè l'impulso nella seconda fase agisca ad una maggiore profondità e con maggiore intensità della prima; come pure è poco probabile nel nostro caso che si tratti della successiva emergenza di onde di diversa natura longitudinali, trasversali, e di gravitazione; forse si tratta di fenomeni di riflessione.

È stato notato che nei coni vulcanici attivi dell'Etna e dello Stromboli le pendici *sopravento*, cioè dal lato donde provengono i terremoti Calabresi o i terremoti di altra origine, risentono questi maggiormente del lato opposto.

Ciò, dicono alcuni, forma un'*ombra sismica* nel lato opposto alla regione donde i terremoti si propagano [5].

(1) H. Omori, *Prel. Rep. of the Messina-Reggio Earthq.*, pag. 38.

(2) G. Alfani, *Il grande terremoto d'India del 4 aprile 1905* (Rivista geogr. ital., anno XII, Firenze 1905), pag. 6, nota 3.

(3) Mercalli, *Contr. allo studio d. terr. Calabro-Messinese*, 1909, pag. 9.

(4) M. Baratta, *La catastrofe sismica Calabro-Messinese*. Roma, 1910, pag. 277.

(5) G. Mercalli, *Sul terremoto calabrese del 23 ottobre 1907* (Atti Soc. Sismol. italiana, vol. XIII, 1908, pag. 6). C. Sciuto Patti, *Contributo allo studio dei terremoti in Sicilia* (Atti Acc. Gioenia Sc. nat. in Catania, vol. IX, ser. 4ª). G. B. Rizzo, *Contributo allo studio del Terremoto*

Questa minore sensibilità dei lati sottovento dello Stromboli e dell' Etna ai terremoti calabro-peloritani è quasi certamente in parte una conseguenza dell'altissima massa lavica la quale con struttura ed elasticità diversissime si innalza a traverso un imbasamento di terreni cristallini nello Stromboli; per modo che da questi e da quella gli urti rimangono deviati.

Sotto lo Stromboli come sotto le altre isole Eoliche la serie degli schisti cristallini, rivelata dagli inclusi delle lave, sta fra il fondo del mare e gli *Gneiss* donde i sismi emergono; quindi intercetta le onde derivanti da questi, come le intercetta e le elide impedendone la trasmissione al versante Tirreno settentrionale degli stessi monti cristallini Peloritani.

L'*ombra* che presenta l' Etna è data dalle medesime ragioni, oltre che dai terreni neogenici che fanno da sottosuolo al cono vulcanico; ma specialmente dalle alte rocce mesozoiche e cenozoiche le quali formano le pendici meridionali dei Peloritani prospicienti all' Etna.

L' *ombra* che presentano lo Stromboli e l' Etna potrebbe attestare pure la profondità e la circoscrizione dell' ipocentro vulcanico e del suo condotto, per modo che questi servono di schermo locale, profondo, agli urti sismici provenienti da uno o da altro lato.

È stato però notato dal Mercalli che tutti i grandi terremoti Calabresi si propagano, sebbene come dicevo con assai decrescente intensità, ai vulcani Eolici; ma non avviene il contrario (1).

Invero i coni Eolici si scuotono insieme con la piattaforma cristallina che li sorregge; ma l' urto vi si propaga con minori intensità, causa, come dicevo, le rocce eterogenee che li costituiscono. Se viceversa i terremoti dai coni Eolici non si propagano, oppure si propagano assai debolmente alla terraferma, ciò dipende verosimilmente da ciò; che l' ipocentro vulcanico è assai più alto di quello sismico: la quale cosa combina con le circostanze dianzi esposte, e ciò afferma l' indipendenza della sede degli uni dagli altri, quando pure la causa prima sia la medesima.

Ben distinti sono dunque i centri sismici dei singoli vulcani Eolici, in generale poco energici per via della concomitanza con la vulcanicità e perchè quei centri sono più superficiali di quelli Calabresi: infatti *nessuno dei grandi terremoti calabresi ebbe origine dalle Eolie* (2).

Il vulcano dell' Etna che sta a Sud, adiacente al campo sismico Calabro-Peloritano, ed il vulcano del Vulture assai più lontano a Nord, sono vulcani isolati eruttanti rocce reciprocamente diverse fra loro, tutt' affatto diverse e più fusibili delle rocce del campo sismo-vulcanico Eolico-Calabrese. È possibile che, data l'altezza, da ragguagliare al massimo a circa 6 km., delle rocce sedimentarie più recenti mancanti

---

della Calabria dell' 8 settembre 1905 (R. Acc. Peloritana, Messina, 1907). G. Platania, *Il terremoto calabrese dell' 8 settembre 1905 a Stromboli* (Mem. classe di Scienze d. Acc. degli Zelanti, Acireale, ser. 2ª, vol. V, 1906). V. Monti, *Ombre sismiche e rimbalzi sismici* (Roma, Bertero, 1907.

(1) G. Mercalli, *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto calabrese del settembre 1905* (Atti Accad. Pontaniana, vol. XXXV), Napoli, 1906.

(2) G. Mercalli, *I terremoti della Calabria meridion.*, pag. 146.

attorno alle Lipari, e dato l'*insaccamento* notato dal De Lorenzo pel Vulture, e quello che forse si verifica per l'Etna, l'ipocentro dei predetti vulcani si trovi a profondità d'altrettanto minori di quelle dei vulcani Eolici, e perciò in un ambiente più alto entro rocce differenti. Anche la più facile fusibilità delle rocce del Vulture e dell'Etna può far sì che queste si alzino da profondità minore; ma forse a tutte queste cause va aggiunta una differenza più generale fra le rocce che costituiscono il sottosuolo profondo delle Lipari, dell'Etna, del Vulture.

Il campo sismico dell'Etna e quello del Vulture, come sono ben distinti dal centro Calabrese, così sono, *nell'insieme*, meno energici.

Più oltre all'Etna in Sicilia ed oltre al Vulture nella penisola si succedono parecchi altri centri sismici, a volte pur disastrosissimi, sebbene, per solito, meno frequenti e nella *somma totale* meno energici del campo Calabrese-Peloritano, regione sismica per eccellenza, non solo per numero ma per energia di terremoti.

Ricordisi che a Sud del Messinese e a Nord del Cosentino le rocce cristalline antiche distintive della regione Calabro-Peloritana non compariscono più in tutta la Sicilia ed in tutto l'Appennino, salvo qualche traccia in Toscana: e che perciò le successive rocce sedimentarie altissime scendono fino a grandi profondità, facendo schermo ai terremoti *endogneissici*.

Possiamo concludere dunque che l'area sismica Calabro-Peloritana è assai nettamente delimitata, e lo è in rispondenza ai terreni cristallini (Tavole II, III, IV); così pure, per quanto risguarda la profondità degl'ipocentri, esistono strettissimi rapporti fra i terremoti Calabresi e la vulcanicità: però la sede dei primi è ordinariamente più profonda, e talora assai più profonda di quella dei prossimi vulcani atttivi.

Che però vi siano rapporti del compartimento sismico Calabro-Peloritano col compartimento vulcanico delle Lipari, e non con altri diversi, risulta dal fatto che gli urti sismici, sebbene emergenti superficialmente dallo *Gneiss*, turbano l'area più vicina a quelle isole vulcaniche.

La persistenza della sismicità dimostra inoltre che il ciclo vulcanico del nucleo Eolico, pur geologicamente così recente, non ha ancora raggiunto il suo apogeo; quindi la serie dei terremoti continuerà, nè le eruzioni vulcaniche verranno meno. Solo un continuato sollevamento porrà termine a quei fatti quando la regione diventerà comparabile a quelle di Capraia, delle isole Ponza, e in parte dei Campi Flegrei, che solo recentemente hanno cessato o quasi di essere vulcaniche, e con probabilità anche eminentemente sismiche. Infine si può ritenere con verosimiglianza che la massima sismicità della regione Calabro-Peloritana fra le altre regioni d'Europa sia in qualche rapporto col massimo sollevamento regionale che in quei luoghi si verifica presentemente. Altre regioni fuori d'Europa sono ritenute soggette a sismicità maggiore. L'elemento della accelerazione, essenziale per determinare numericamente l'energia sismica, introdotto di recente, non è ancora stato sufficentemente applicato alla regione nostra. Secondo Omori, l'accelerazione nei sismi Calabro-Peloritani sta sotto i 2000 mm. per sec. per sec. (1): nemmeno nei terremoti del febbraio 1783, i più disastrosi che sieno conosciuti nella regione in tempi storici, pare che l'accelerazione abbia raggiunto i

(1) F. Omori, *Preliminary Rep. of the Messina-Reggio Earth.*, pag. 40).

4000 mm. per sec. per sec., cui arriva sovente nel Giappone e altrove. Rizzo, pone, come l'Omori, in 2000 a 2500 mm. per sec. per sec. l'accelerazione nel terremoto del 1908 a Messina (1); ma l'Oddone la pone superiore soltanto a 10000 mm. per sec. cioè a 166 mm. sec. per sec. (2), e questo poco accordo conferma quanta incertezza rimanga ancora nella valutazione non istrumentale di questo elemento. A me pare che il determinare l'accelerazione relativa di terremoti in regioni tanto diverse, così, dirò, a occhio, sia fare cosa estremamente dubitosa ed incerta.

Ben inteso che con la intensità di un terremoto non deve confondersi la distruttività, perchè l'accelerazione e l'energia di un urto sismico sono solo uno dei fattori che contribuiscono alla distruzione, dipendendo questa anche dall'assettamento degli strati superficiali e dalla tendenza a risentire più o meno la componente della gravità, come avviene appunto nella regione nostra.

È prudente non tentar l'indagine del se e del come le anomalie della gravità possano essere in rapporto coi fenomeni sismici e vulcanici, essendo ancora troppo imperfette le osservazioni relative, nè potendosi queste applicare per ora alla regione nostra.

IX.

Azione delle onde sismiche sui terreni superficiali, e specialmente delle frane. Livellazioni di precisione. Origine del Porto di Messina.

(Tav. II, III, e IV).

Le rocce esaminate fin qui sono quelle che costituiscono il suolo più profondo, e per così dire l'ossatura della montagna.

Osserviamo ora le conseguenze e l'azione geologica dei terremoti sul suolo superficiale della regione. Pochi paesi hanno una bibliografia geologica così abbondante come questi; ma non è sempre facile distinguere il lollio dal grano, le magnificazioni dalle verità. Nel descrivere un terremoto, anche al giorno d'oggi, troppo spesso si accumulano fatti inverosimili, con altri poco assoggettati a critica ed altri ritenuti misteriosi ma invece naturalissimi.

La descrizione di acque e di terre diventate roventi, di fuochi e fumi solfurei che escono da fessure, di fontane di sangue, ecc., dovrebbe essere bandita. I fenomeni meteorologici sui quali alcuni ampiamente si diffondono dovrebbero essere studiati con critica da quegli specialisti che volessero trovarvi un nesso col terremoto. Certi fenomeni, come la luce, vera o pretesa, vista da taluni nei terremoti, dovrebbero essere

(1) G. B. Rizzo, *Relazione sul terremoto di Messina e della Calabria nel 28 dicembre 1908.* (Rel. della Comm. R. ecc., Roma, 1909, pag. 161). – *Osservazioni sul terremoto del 28 dicembre 1908* (Osservatorio di Messina, Annuario dell'anno 1908. Messina, 1911, pag. 89.

(2) Oddone, loc. cit., pag. 48.

constatati con cura e con critica, essendo questo un fenomeno dei più importanti, e così via.

I fenomeni prettamente geologici conseguenti al terremoto sono molto svariati e se ne leggono le descrizioni nei varî libri antichi e moderni.

La formazione di fessure e di frane è il fenomeno più comune e più costante. Naturalmente, ogni spostamento verticale o frana ha una componente orizzontale ed è accompagnato più o meno da uno scivolamento. Accennerò prima alle frane che si manifestano dentro terra, e poi a quelle del littorale; da ultimo alle frane subacquee.

Le frane di ogni specie, delle quali diedi qualche esempio quando trattai dello arretramento delle coste, si manifestano sempre e solo nei terreni che già vi sono soggetti, indipendentemente dai terremoti. Esse sono frequenti nelle regioni interne, anche nei terreni gneissici e schistosi, dove il suolo è sfatto e smosso, dove sono massi pericolanti, e sul pendìo ripidissimo che le fiumare acquistarono per il sollecito approfondimento del loro livello di base.

Sono poi facilitate dall'improvvido diboscamento e mettono in continuo pericolo varî paesi, per modo che, a frenarle e diminuirle, lo Stato ha dovuto prendere provvedimenti speciali.

Così il terremoto del febbraio 1783, come quello del dicembre 1908, e certamente altri, produssero frane nel *Gneiss* di Coccorino e di Fabrizia, nei micaschisti di Laganadi e di S. Stefano d'Aspromonte, nelle filladi carboniose d'Amendolea, Condofurì e S. Lorenzo dove pur si manifestarono nel 1908, nelle arenarie mioceniche di Precacore (1783).

A volte semplici muri di sostegno bastano a reggere le ripe. Ad esempio, sul littorale di Scilla, ad ogni terremoto, anche in quello del dicembre 1908, si manifestano gravissime e numerose smotte, assai minori però nei tratti sorretti da, sebben deboli, muri nel pendìo ad Est del Capo Pacì e verso Bagnara.

Nelle sabbie postplioceniche esse sono frequentissime ad ogni pioggia, con caratteri diversi da quelle dovute per lo più a scivolamenti, e più spesso rassomigliano a correnti laviche, quali si manifestano nelle argille scagliose eoceniche e nel Pliocene nelle regioni interne della Basilicata e dell'Emilia, e della stessa Calabria.

Il terremoto ha per effetto di sollecitare e facilitare il movimento, predisponendo pure il suolo a frane che altrimenti tarderebbero a verificarsi.

I terreni così franabili, nei quali è scarsa la coesione o, come diceva il Reyer, la *aesione* (1), sono di per sè in equilibrio instabile, specialmente se sono sabbiosi, quindi per loro natura disgregati, imperfettamente assettati, ripieni di pori e di cavità. Il moto di vibrazione nel quale per avventura entrino le particelle rocciose può raggiungere l'ampiezza di qualche millimetro, e proporzionatamente alla accelerazione del medesimo conseguono la diminuzione della coesione e lo spostamento dell'equilibrio dei materiali costituenti le estreme pendici. Quando sieno superati i limiti della elasticità, ordinariamente molto bassi, essi non riprendono la posizione primitiva, e cedendo all'impulso, alla spinta al vuoto, alla gravità, si sgretolano. Così si verificano assettamenti nuovi, con frane, con faglie parziali, superficiali, con sposta-

(1) E. Reyer, *Bewegungen in losen Massen* (Jahrb. d. K. K. geol. Reichs. XXXI, Wien, 1881).

menti orizzontali e con lesioni negli edifizî sovrastanti alla roccia. I piani di frattura sono normali alla direzione della tensione massima in ogni punto; sono cioè paralleli ai piani di minima resistenza, cioè ordinariamente al pendìo delle valli e degli appicchi.

Causa ultima determinante delle fessure, frane e faglie è, dunque, la componente della gravità. Se la coesione dei materiali rocciosi è ragguardevole, le vibrazioni si propagano in questi come in un tutto unico e non producono i sopraddetti fenomeni, come non li producono nei materiali eventualmente sovrimposti che sieno intimamente legati con la roccia e fra loro.

Ciò spiega l'intimo rapporto fra l'entità e la direzione delle scosse e l'entità delle frane.

Partendo da un punto di vista prettamente teorico, si potrebbe forse anche supporre un'altra causa di sgretolamento nei fenomeni di riflessione e di rifrazione delle onde entro la sabbia.

Infatti, il coefficiente di elasticità delle sabbie e la conseguente velocità di propagazione delle onde sismiche sono in esse circa 4 volte minori che nei *Gneiss* e nei Graniti. Perciò è assai facile il passaggio delle onde dai secondi che le sorreggono alle prime quasi sotto qualsiasi angolo d'incidenza; mentre il ritorno dalle seconde negli *Gneiss* e nelle rocce cristalline che le ricingono è più difficile: perciò forse gli urti sismici superficialmente si localizzano con più facilità nelle sabbie che non altrove.

Nei terreni incoerenti e mobili delle colline, specialmente se sono alti come le sabbie postplioceniche, le fessure si manifestano per lo più raggruppate in sistemi più o meno lunghi, irregolarmente divaricati, ma presso a poco paralleli fra loro e paralleli alle ripe delle fiumare e dei torrenti, cioè pur sempre ai piani di minima resistenza, e sono accompagnati da faglie parziali discendenti per un verso o per l'altro, da spostamenti orizzontali e da frane.

Citerò Catanzaro (terrem. del 1626, del 9 febbraio 1783); Gerace (29 luglio 1783); Scigliano, Cosenza, Bivona, S. Eufemia (27 marzo 1638); S. Severina (8 giugno 1638); Oppido, Sitizzano, Cosoleto, Castellace, S. Cristina, Pedavoli, Paracorio, Santa Giorgia, Sinopoli superiore, Sinopoli vecchio, Acquaro, S. Procopio, S. Anna, Calanna, Valanidi, Pavigliana, S. Agata, Terranova, Radicena, Casalnuovo oggi Cittanova, Polistena, Cinquefronde, S. Giorgio Morgeto, Anoja, Giffone, Maropati, Galatro, Plaesano, Feroleto della Chiesa, Drosì, Soriano, Pizzoni, Vazzano, Motta-Filocastro, Monterosso, Poliolo, Cortale, Maida, Amato, Borgia, Caraffa di Catanzaro, San Floro, Gerace, Bianco, Precacore, con innumerevoli fessure lunghe fin circa 1500 metri, con faglie, cioè con scesa del labbro della fessura rivolto verso il basso, e con frane e scivolamenti grandiosi (1783); presso S. Cristina d'Aspromonte fessure lunghe fin 100 metri, larghe 5 a 6 centimetri, Solano presso Bagnara (novembre 1894); Amaroni, Amato, Caraffa, Cessaniti, Cirò, Cortale, Dinami, Filandari, Gerocarne, Gizzeria, Guardavalle, Maierato, Parghelia, Ricadi, Rosarno, San Floro, Tropea, Ajello, Belmonte calabro, Cleto, Caulonia, Ajello, Fitili, Triparni (8 settembre 1905); Ferruzzano (23 ottobre 1907).

L'affermazione spesso ripetuta che pel terremoto del 1783 da Molochio a Cinquefrondi per Oppido si formasse un solo crepaccio lungo almeno 25 km. fra il terreno

cristallino ed il terziario, è una esagerazione: nei terreni terziarî e quaternarî in quel tratto si formò una lunga serie di fessure separate, parallele, secondo il solito, alle ripe delle Fiumare, perciò normali o quasi al confine fra cristallino e terziario e non contigue al medesimo: ne vidi ancora le tracce nel 1879 e forse si vedono tuttora.

Data la usuale altezza ed irregolarità dei nostri terreni sabbiosi, non è il caso di applicare quanto si può verificare per lembi sabbiosi sottili distesi su roccia in posto come su lamina vibrante: nei quali lembi, secondo le osservazioni di Sekiya e Omori, gli elementi della vibrazione aumentano rispetto a quelli del suolo sottostante.

Riporterò con alquanto maggior ampiezza quanto vidi delle frane nelle sabbie dentro terra, avvenute pel terremoto del 28 dicembre 1908.

Il burrone del torrente Catena ad Est e quello del Rio ad Ovest, fra i quali sorge Seminara, furono cagione di parecchi sistemi di faglie parallele ai torrenti, in parte anteriori ai terremoti, in parte successivi e provocati da quelli. Quelle frane vanno man mano accostandosi alla città.

A S. Procopio, lungo il profondo torrente Torbido, ad Ovest del paese, quasi sotto la chiesa dell'Addolorata, il terremoto produsse una fessura parallela al torrente, diretta da S-SO a N-NE, la quale, con leggere deviazioni locali e con qualche interruzione, sèguita per circa 3000 metri verso la regione Olis a Sud del paese. Cominciava con larghezza di 15 centimetri sotto l'Addolorata, ma andava poi allargandosi in certi punti fino a circa 30 cm., restringendosi a profondità. Ad essa rispondeva, verso Est, cioè verso il paese, un sistema di piccole fessure e faglie parallele, con leggera discesa, talora, del labbro occidentale della fessura.

Un'altra minore fessura si produsse ad Est, verso il pendìo del torrente Vasì, in contrada Martelli, lungo la strada che conduce a Sinopoli: era lunga non più d'una ventina di metri, larga 4 centimetri; era in gran parte sulla strada, ma traversava pure la campagna.

A S. Eufemia d'Aspromonte le sabbie postplioceniche, le quali costituiscono la parte più alta del suolo, sono ovunque e sempre soggette a frane; parecchie ne furono prodotte dal terremoto del 1908 nel Vallone di S. Bartolomeo e nella Valle delle Grotte e altrove, anche sulle marne bianche terziarie sottostanti. Delle fessure si manifestarono anche nel ponte della strada per Bagnara sul vallone predetto, impostato sulle marne bianche.

Nel terreno di riporto lungo la strada S. Eufemia Sinopoli notai varie fessure; alcune se ne formarono pure nella campagna vicina.

Anche a Villa S. Giuseppe sulla Fiumara di Gallico si formarono fessure in parecchi punti, specie nelle strade: così a Sambatello, pur lungo la strada provinciale, a Calanna, ed a Ortì, paesi situati su terreno pliocenico. Negli *Gneiss* e nei micaschisti sulle fiumare si formarono frane in ogni vallata. Se ne formarono anche a grandi distanze dal centro sismico, in Sicilia, nei terreni mobili, fino a Raddusa, a Pietraperzia, a Caltanissetta, sebbene la scossa vi fosse assai lieve (1).

(1) G. Martinelli, *Osservazioni preliminari sul terremoto calabro-messinese del mattino del 28 dicembre 1908.* (Boll. bimensuale d. Soc. met. ital., serie III, vol. XXVIII, Torino, 1909, pag. 5).

Son queste frane, a volte grandiose, che fanno scivolare interi ettari di terra, sconvolgendo le piantagioni e quanto vi è sopra, od anche facendole scendere pari pari con poco o punto perturbamento, e che sbarrando il corso di torrenti dànno luogo alla formazione di laghetti, più o meno permanenti, longitudinali alle valli [S. Eufemia (27 marzo 1638, secondo il Kircher), 18 lagetti a Seminara; uno tra Sinopoli vecchio a Cogoleto; uno fra Sitizzano e Cogoleto; uno fra Sitizzano e Castellace; 3 a S. Cristina; 10 in Oppido; uno in Soriano; uno in Drosì; 10 in Terranova; 4 in Molochio (1783)].

Le frane avvengono, anche più di frequente, sempre che il materiale alluvionale sia alto, lungo le spiaggie del mare, specialmente là dove questo è più profondo e dove il lido è più instabile, come appunto è generalmente lungo lo Stretto. Ma le cause di queste frane sono più complesse di quelle che si manifestano dentro terra.

Come già si disse, a settentrione dello Stretto, lungo gli appicchi della costa Calabrese, tra Cannitello e Gioia Tauro, scendono continue frane che arretrano la terraferma con vantaggio del mare. Ne diedi qualche esempio lungo il littorale di Scilla e di Bagnara.

La montagna Monasina, presso Scilla, ed altre nel Comune di Bagnara lungo la Fiumara ed il Canalello, franarono pel terremoto del 5 febbraio 1783.

La mattina del 6 febbraio successivo il monte di Pacì, già smosso dal violento urto sismico di circa 24 ore prima, cadde in grande parte, per superficie, dicono, di un miglio e mezzo quadrato, in mare, e fu causa unica, cred' io, del maremoto violentissimo ma locale che distrusse gli abitanti di Scilla rifugiati nelle barche, senza intervento di scosse contemporanee, quali non sono indicate. Altre frane seguirono il 24 marzo, ed altre, pur presso Scilla, il 31 marzo 1790, ed altre poi consecutive pure al terremoto del 1894.

Il terremoto del 16 novembre 1894 fece cadere tra Favazzina e Bagnara massi del peso di 400 a 3000 kg. ciascuno, quantunque nelle gallerie della ferrovia allora non si manifestasse alcun danno.

Perfino il ciclopico Castello di Scilla con la saldissima rupe, ancora tale quale fu descritta da Omero, di roccia gneissica e micascistosa, sottostante, furono sconquassati e scantonati dal terremoto del 28 dicembre 1908, che ruppe pure in molti punti le spalle dei ponti della ferrovia ed il suolo sottostante, a pie' degli *Gneiss* e dei micascisti, fra Palmi e Favazzina e Cannitello.

Altre frane, come ulteriore effetto del medesimo e delle pioggie contemporanee e successive, si formarono dipoi, e interruppero lungamente la ferrovia e la strada fra Scilla e Bagnara, intaccando allora pure le gallerie più superficiali. Nel febbraio 1909 ne vidi parecchie del volume di più che 3000 m. c. tra S. Gregorio ed il Capo Pacì sempre franoso, come lungo la fiumara di Favazzina e nel Monte sopra S. Pietro a confine col Comune di Bagnara: una grossa frana cadde il 5 aprile successivo tra Bagnara e Favazzina, ed altre continuamente ne caddero poi.

Il riscontro della livellazione di precisione fatta nel 1900, ripetuta nel 1909 dopo il terremoto del dicembre 1908 (1), tra Gioia e Bagnara, segue l'alto della col-

(1) Loperfido, *Livellazione geometrica di precisione*, pag 41. (Rel. d. Comm. Reale).

lina tenendo conto, fu detto, del non parallelismo delle superfici di livello, e, salvo lievissimo franamento ne' terreni avventizî a pie' della salita settentrionale, indica un rialzamento generale con un massimo di mm. 28 nella parte più alta del colle. Ciò dipende, secondo il tenente Costanzi, da « errori di osservazione o da spostamenti accidentali dei capisaldi » (1), ma, secondo me, anche dall'aver preso come punto di partenza, supposto invariato, il caposaldo della stazione di Gioia situato sopra suolo mobile che molto probabilmente si depresse alquanto, inducendo la necessità di una correzione non determinata nelle livellazioni successive (2).

Una depressione di mm. 1 a 3 è indicata nella chiesa del Carmine, di Bagnara, situata sopra il ripido ma antico e stabile conoide a grandiosi massi del Canalello: quelle piccole depressioni, che rientrerebbero pur nei limiti degli errori d'osservazione, possono attribuirsi a cedimento dell'edifizio più che del suolo.

Da Bagnara al Pezzo la livellazione segna sempre un abbassamento il quale va regolarmente aumentando da mm. 20 all'uscita di Bagnara, fino a mm. 287 sulla soglia del palazzo Benassari al Pezzo. Però quelle misure sono prese su ponti (capisaldi nn. 237, 239, 243, 247 A, 248, 249 A), le cui spalle tutte si staccarono, o su tombini (nn. 242, 246), ovvero in chiese e costruzioni lese e cadute più o meno completamente (nn. 240, 241, 244, 250 A), o all'imbocco di gallerie ferroviarie le cui costruzioni in più casi ebbero delle lesioni (n. 246 A). Nelle migliori circostanze i capisaldi posano sul terreno di riporto della via rotabile più volte scossa e battuta da frane (n. 244 A).

Perciò le predette misure di abbassamento non possono senz'altro essere attribuite al suolo profondo.

In generale, anche le frane della parte emersa del littorale roccioso, sia in tempi normali, sia nei periodi sismici, sono facilitate oltre modo dalla ripidezza maggiore o minore del pendìo sottomarino.

Ogni scossa alquanto energica produce sistemi di fessure particolarmente sulle conoidi alluviali che si protendono lungo le spiaggie sabbiose, e sistemi di faglie con spostamento e abbassamento che, per quanto minimi, risultano dannosi anche alle costruzioni sovrastanti e vicine.

Le fiumare Calabresi le quali scendono dalle pendici più elevate fino al livello di base che rapidamente e costantemente si abbassa, oltre ad essere profonde e ripidissime, hanno il carattere di essere semplici e sprovviste di affluenti importanti; ma trascinano, come dicevo, un'immensa quantità di materiali i quali formano coni di deiezione amplissimi ed alti tanto sul versante Jonio, quanto lungo lo Stretto e a piedi della catena di Monte Cocuzzo sul Tirreno.

Invece le fiumare Siciliane scendono da colli più bassi, sono più brevi, e portano, nella stessa unità di tempo, materiali più scarsi. Del resto l'influsso delle fiumare riscontrasi sempre almeno fino a — 100 metri nella convessità dei fondali circostanti.

(1) G. Costanzi, *I risultati della revisione della livellazione in Calabria e in Sicilia dopo il terremoto del 1908* (Rivista di Fisica, Mat. e Sc. nat. anno II, 1910. Pisa. pag. 416).

(2) C. De Stefani, *La livellazione sul littorale calabro-siculo fatta dopo il terremoto del 1908* (Boll. d. Soc. geol. italiana, vol. XXIX, 1910).

Queste differenze fra le dimensioni delle prospettanti montagne Sicule e Calabresi esisterono sempre, almeno dal Miocene inferiore in poi, e come io ritenni, anche prima; donde risultò appunto la assai differente distribuzione dei terreni neogenici sulle due parti dello Stretto.

Ad ogni modo, questi coni di deiezione antichi e recenti si avanzano nel mare rompendo la sistemazione e lo stabilimento delle spiaggie ghiaiose e sabbiose, specialmente lungo lo Stretto, come a Messina, al Capo Peloro, a Villa San Giovanni, a Reggio; ond'è incessante la lotta tra le fiumare ed il mare. Essendo che le ripe dello Stretto abbastanza rapidamente si approfondino, e le correnti ed i venti sieno relativamente continui e forti, il mare non tarda a prendere la rivincita sulla fiumara; onde le spiaggie sabbiose dello Stretto, anche entro il porto di Messina, sono soggette ad alternative di corrosioni e di frane, come già si disse avvenire nelle coste rocciose a nord dello Stretto medesimo. L'unghia dei conoidi si sprofonda, e la terra si ritira, indipendentemente dai terremoti, e più o meno ad ogni forte terremoto. Non soltanto la spiaggia vi è soggetta a lenta corrosione da parte del moto ondoso, o ad assettamento proprio dei materiali incoerenti che la costituiscono, ma ogni impulso alquanto energico vi produce sistemi di fessure e di faglie con spostamenti e abbassamenti dannosi.

Inoltre il pendìo sottomarino, quand'anche non si tratti di roccia solida come ritengo essere fra Capo Cavallo e Palmi. ha ordinariamente una ripidità di qualche grado maggiore di quella che competerebbe, a parità di circostanze, nell'aria, come si ammette avvenga sott'acqua, anche per esperienze fatte dal Thoulet (1). A parità di circostanze, infatti, la controspinta prodotta dall'acqua marina consente alle rocce subacquee una pendenza maggiore. Perciò il distacco e lo scorrimento di una falda vengono facilitati non solo da qualsiasi causa disturbatrice che agisca sul suolo, ma da cause agenti nell'acqua o per via dell'acqua, come sarebbero correnti anormali, od una serie di ondate che porti un sopraccarico di materiali sulla corona dello scanno, od un maremoto, o qualsiasi movimento insomma che intacchi il pendìo sottomarino.

In occasione di un maremoto o di grandi burrasche il flutto diretto, dotato di violentissima forza di trasporto, può trascinare materiali pesantissimi e corrodere ampî tratti di spiaggia. Così pure il flutto inverso o di ritorno, il quale porta al largo i materiali sabbiosi, distrugge in breve ora spiaggie aventi lunghe età, accumulate durante le calme: nello stesso tempo il ritirarsi dell'acqua assai al di sotto del *comune* diminuisce o fa mancare la spinta contro la scarpa, e facilita la frana.

Questi avvallamenti hanno perciò più probabilità di prodursi nell'istante di acque basse, come avviene nei laghi (2), e la massima probabilità è presso la battigia.

(1) Thoulet, *Études expérimentales sur l'inclination des talus des matières meubles.* Nancy 1887.

(2) G. Spezia, *Sugli avvallamenti di sponda avvenuti lungo le rive del Lago Maggiore,* Torino, Candeletti, 1871, pag. 11. — F. Salmojraghi, *L'avvallamento di Tavernola sul lago d'Iseo, con un cenno sulla instabilità delle rive lacuali* (Atti d. Soc. ital. sc. nat., vol. XLVI, Milano 1907, pagg. 13 e seg.).

Probabilmente in questi casi la frana e la conseguente faglia del materiale sabbioso, che ha ordinariamente un peso specifico medio di 2,50, sono facilitate dal peso della sabbia diminuito poco meno della metà nella sua parte sottomarina, essendo alquanto superiore ad 1 (1,025 a 1,028) il peso dell'acqua di mare che dalla frana viene spostata.

Come nei laghi, così sul mare, gli avvallamenti sono per lo più circoscritti ad aree e confini distinti, che hanno spesso la forma di segmenti di circolo, la cui corda coincide col limite preesistente della battigia ed è lunga incomparabilmente più della freccia.

Nei movimenti che rendono instabili le sponde dello Stretto, specialmente lungo le conoidi fluviali e le spiaggie ampie, può avere parte talora l'azione delle acque freatiche del sottosuolo, il cui livello oscilla colle stagioni e secondo le variazioni periodiche o anormali del livello marino; quantunque la ordinaria mancanza dell'intermezzo di lunghi strati argillosi impermeabili renda non probabili le frane per semplice scorrimento sui medesimi.

Qualche volta può avere avuto pratica applicazione anche l'esperienza fatta dal Rogers (1), il quale provò che le sabbie umide o piene d'acqua risentono maggiormente i moti sismici e si fendono per dissincronismo di oscillazione col sottosuolo asciutto.

L'abbondanza delle acque freatiche e delle relative conseguenze, specialmente sulle sponde Calabresi, è provata dalle norie che alimentano gli agrumeti, dalle fonti continue e da quelle temporanee scavate dalle lavandaie in riva al mare così come vidi farsi in un'altra spiaggia consimile lungo la Riviera Ligure di Ponente.

Quando poi vi sieno sponde artificiali costruite con terreno di riporto, o spiaggie molto basse come appunto attorno al Porto di Messina, l'avvallamento, sia lento, sia improvviso, è inevitabilmente predisposto dal sopraccarico aggiunto per rinterri, per muri, per costruzioni.

Consimili terreni di scarico o di riporto accumulati sur alcuni pendìi o sulle spiaggie marine, come ad esempio a Messina e a Reggio, o anche dentro terra come a Santa Eufemia, sono i più pericolosi, come si vede costantemente anche nella battuta delle strade artificiali e come si è verificato nel terremoto di San Francisco e altrove.

Nelle strade le fessure si aprono per lo più longitudinalmente, seguendo cioè i piani di minima resistenza, ma talora anche trasversalmente.

Quantunque sia prematuro ed esagerato l'attribuire col Carbone Grio e con altri le rovine prodotte dai terremoti del 1783 e del 1908 in Villa San Giovanni, in Reggio, in Messina ed in altri paesi littorali, ad uno scivolamento ed abbassamento complessivo del suolo verso lo Stretto, pure è indiscutibile che a Reggio, almeno verso il Porto a destra della Fiumara dell'Annunziata, forse a Villa San Giovanni e certamente a Messina alla Dogana ed alla Palazzata e nelle altre costruzioni lungo il Porto, parecchi edifizî apparentemente solidissimi, risentirono l'affondamento della spiaggia e soffrirono lesioni per le faglie e frane del sottosuolo.

(1) *The California Earthquake of April 18, 1906.* Washington 1908, vol. II.

Perchè tuttora men noti e perchè osservati da me, accennerò gli esempî di frane lungo le spiaggie dello Stretto, notati un mese e mezzo dopo il terremoto del 28 dicembre 1908.

Alla Punta del Pezzo, tra la ferrovia e il mare, parallele a questo, si formarono due fessure lunghe circa 1000 metri.

A Villa S. Giovanni il suolo fu screpolato per ogni dove da fessure e faglie più o meno parallele alla linea di spiaggia; e quantunque esse non si vedessero ordinariamente nell'abitato, è probabile che il parziale, per quanto insensibile, cedimento verso il mare, abbia contribuito alle gravi rovine, come forse a Cannitello. Invero, per lo meno la Filanda Erba e molte case vicine furono lese da fessure parallele alla spiaggia ed alle faglie del suolo. La ciminiera della filanda pendeva verso il mare. I prospetti delle case sono caduti prevalentemente dalla parte del mare.

Nel porto, l'invasatura del *ferry-boat* e la banchina di levante cedettero verso il mare.

Dalla foce della Fiumara Immacolata verso settentrione, per molte centinaia di metri, erano nel suolo alluviale varî sistemi di faglie, fin 7 ed 8, più o meno parallele, o leggermente divaricate, a zig-zag, per lo più con leggerissima discesa del labbro inferiore verso mare, larghe, il 13 febbraio, fino 1 m., fonde ancora m. 1.50 e dicono, in origine, fin 3 e 4 metri.

Nel terreno di riporto delle strade si formarono pure delle fessure normali alla spiaggia, una p. es. sulla strada rotabile presso la stazione, che alla nostra venuta era ancora ampiamente aperta nel mezzo. Così in via Riviera si manifestò uno spacco longitudinale lungo 250 metri.

La livellazione di precisione riscontrata dopo il terremoto indica un abbassamento di cm. 29 ad un gradino della chiesa di S. Antonio, ed uno di cm. 38 ad un altro gradino della chiesa dell'Immacolata, ambedue dirute, situate a circa 500 m. dal mare, sopra terreno quaternario sciolto; ma queste due misure non risolvono i dubbî poichè si possono riferire ai soli edifizî che furono tutti scossi e spostati dal terremoto.

Fessure parallele alla spiaggia, lunghe una trentina di metri, osservai nella massicciata della strada rotabile fra Archi e Reggio.

Già notai a suo luogo l'instabilità della spiaggia rimpetto Reggio. Essa si manifesta ad ogni terremoto, e se ne videro molteplici effetti anche in quello del dicembre 1908, pur prescindendo dal maremoto che ivi fu altissimo.

In Reggio il terremoto del 1783 produsse una fessura parallela alla spiaggia dei Giunchi. In quel tempo, anche dentro terra, a levante della città, nelle sabbie postplioceniche e nelle alluvioni, si produssero frane nel valloncello Caserta e lungo il Calopinace fino oltre lo Spirito Santo, come qui poi verificai anche pel terremoto del 1908.

A questo si aggiunse il maremoto.

Il molo del Porto attuale, costruito artificialmente con materiale di riporto, soggetto per eccellenza a franamenti per urti sismici, presentò le più intense tracce di questi. Esso si è sprofondato ad Est e ad Ovest, per lunghezza di più che 12 m.: standovi sopra, anche nel marzo lo si sentiva ballare, alle ondate, come fosse una

barca. La punta del molo era alta m. 1.94 sul mare: il 5 febbraio 1909 era alla quota O. e seguitava ad abbassare ancora nel marzo successivo. Depressioni e fessure si vedevano ad ogni tratto.

La banchina del *ferry boat*, quasi rettangolare, ebbe spostati i due lati dello sbarco in senso orizzontale verso Oriente, alquanto più nel lato Ovest che nel lato Est; mentre questo lato Est fu pure spinto orizzontalmente di 70 cm. verso Sud. Un abbassamento di alcuni cm. ha accompagnato il fenomeno.

L'edifizio della stazione vicina venne inclinato verso Est, cioè verso il Porto, cui è adiacente. Una delle più gravi fessure di esso era diretta da Nord 4° Ovest a Sud 4° Est, parallela al molo; essa si inoltrava verso Sud per circa mezzo km. con varî zig-zag ma con evidente continuazione, traversava e fendeva un magazzino già situato sull'alluvione, indi il sopra-passaggio della ferrovia, fendeva una casupola ed il terreno, e andava a perdersi quasi alla spalletta destra della Fiumara dell'Annunziata. Altre 5 o 6 fratture si osservavano tuttora, nel febbraio, tra questa fessura principale e la spiaggia.

Il binario della ferrovia ad Ovest della stazione, con la relativa spiaggia, fu sprofondato e portato via [1]: le rotaie rimaste sul piano furono poi scontorte e divaricate nei più diversi modi, anche pel maremoto e per la precipitosa rincorsa dei carri lungo il piano sprofondantesi: alcuni di essi si sovrapposero, rovesciati, sugli altri.

Altre fessure larghe fin 20 cm., lunghe qualche centinaio di metri, si formarono lungo mare in città tra la ferrovia e le case, nella spiaggia rispondente al Porto vecchio e sul terreno di riporto delle strade verso lo Spirito Santo e verso Cuntera, per lo più con direzione parallela alla spiaggia. Anche le grandi fessure del Castello, nella parte alta della città, erano parallele alla spiaggia. Le numerose casipole vicine furono perdute e diroccate; guardai se le fessure fossero accompagnate da abbassamenti e da faglie, e se rispondessero a sistemi passanti da una casa all'altra, ma non trovai traccia di ciò; come non potei constatare se la rovina delle case, la quale fu quasi generale lungo la Marina, sia stata in qualche rapporto coi franamenti della spiaggia. Non sono proclive a credere che tutto il conoide alluviale antico sul quale è costruito Reggio si sia abbassato di qualche millimetro, contribuendo alla rovina degli edifizî. Certo nelle parti scoperte del conoide e lungo il Calopinace e ad òriente non ho visto traccia di faglie profonde ma semplici fessure: non dislivelli e sprofondamenti presentava la strada lungo il torrente; pur l'abbassamento non si potrebbe escludere in modo assoluto.

La livellazione di precisione del 1909 [2], da Villa S. Giovanni venendo a Reggio, riscontrò depressioni irregolarmente oscillanti fra mm. 296 a Pentimele (caposaldo n. 262 A) e 484 presso Catona (cap. 256); ma le misure ai ponti (n. 254 A, 255, 256 predetto, 257, 258, 259, 260, 260 A) o su cunette (262 A, 263) dove gli stacchi e i cedimenti per terremoti energici sono immancabili, non possono applicarsi direttamente al suolo. Maggior valore hanno gli abbassamenti indicati in mm. 424 ad

[1] G. Platania, *Il maremoto nello Stretto di Messina del 28 dicembre 1908* (Boll. d. Soc. sismologica italiana. Vol. XIII, n. 7, 8). Modena, 1909. Tav. II, fig. 4.

[2] Lo Perfido, *Livell. geom. di precisione*, pagg 141 e 142.

una vasca verso Catona (cap. n. 254), 353 e 354 al cancello della villa Sarlo a Gallico (n. 257 A), e 334 al cancello del palazzo Foti a Pentimele (n. 261).

In Reggio, abbastanza lontano dalla spiaggia, si riscontrarono abbassamenti di cm. 32 presso la chiesa di S. Lucia, 38 sur uno scalino del palazzo municipale, 37 sur uno scalino del duomo, 46 al monumento Garibaldi: ma questi edifizî furono tutti lesi e crollati, ed il monumento girò, talchè le misure non sono attribuibili, almeno per la massima parte nè forse per l'intero, al sottosuolo.

Da Calamizzi a Lazzàro la spiaggia è continuamente instabile, e già ne citai esempî.

Da Reggio, passando verso Lazzàro, la livellazione di precisione indica successivamente abbassamenti di cm. 52 davanti al casello ferroviario 471; 53 presso la caserma di finanza; 58 al ponticello presso il casello 469; 50 al ponticello presso il casello 467; 48 alla stazione di S. Gregorio; 35 davanti al casello 464; 24 al casello 463; 28 al ponte ferroviario sul S. Giovanni; 30 alla stazione di Péllaro; 39 a un ponticello in contrada Bosco; 33 presso il casello 459; 35 a un ponticello di traverse; 23 sulla fiumara dell'Oliveto; 15 al casello 455: alcune di queste cifre, specie quelle ai ponticelli, possono riferirsi alle costruzioni piuttosto che al suolo, che per giunta, in quel tratto, è quasi generalmente di riporto.

Più a Sud, forse anche pel maremoto, avvenne nella spiaggia un cedimento lungo circa 600 m. in rispondenza al palude delle Saline, come si era più volte verificato precedentemente per cause ordinarie.

La livellazione (1), seguitando lungo la spiaggia marina sabbiosa a S-E del casello ferroviario 455, indica tuttavia minori abbassamenti di mm. 88, 67, 25 in capisaldi malfidi perchè situati sopra costruzioni murarie (chiavicotti o sottopassaggi) e di mm. 71 alla stazione lesionata delle Saline. Più ad Est, ad onta del cedimento notevole e lungo della spiaggia e della linea ferroviaria, la livellazione indica sollevamenti abbastanza ragguardevoli sino alla stazione di Mélito, per mm. 42 (capos. 289, passaggio a livello ad Ovest del Padule), 131 (cs. 292, sottopassaggio ad Est del Padule), 128 (cs. 293, ponte sul S. Anna), e 125 a 127 alla stazione predetta. Essendo leso dal terremoto pur tutto questo tratto, ed essendovi stati cedimenti ivi come altrove, nè, per l'interposizione di ampio ed altissimo alveo di fiumare, potendosi supporre che per contrasto al cedimento delle Saline siasi originato un sollevamento così esteso, penso che esso meriti correzione per qualche causa di errore, e forse sempre per aver preso a punto di partenza invariato il caposaldo della stazione di Gioia Tauro. Anche il Costanzi ritiene che le differenze di quota ivi incontrate rientrino fra gli errori di osservazione.

Gli stessi fenomeni si verificano nella parte Siciliana dello Stretto da Messina al Capo Peloro, regione pure soggetta a sollevamento e ad avanzamenti del littorale per insabbiamenti.

È da premettere che, sebbene il terremoto del 28 dicembre 1908 abbia avuto la massima intensità nel Messinese, pure la livellazione di precisione ripetuta nel 1909 non mostrò che nel suolo cristallino, formante la base di tutte le rocce di Calabria

(1) Lo Perfido, pag. 145.

e di Sicilia, fossero avvenute variazioni superanti i limiti degli errori di osservazione. Fra S. Rizzo e Castanea, il massimo abbassamento di mm 15 fu trovato sulla facciata della torre dell'Orologio in Castanea, che fu squarciata e dove la piastrina del caposaldo fu portata via, sicchè venne rimessa nuova. Fra S. Rizzo e Gesso, nel versante dei Peloritani opposto a Messina, si notarono abbassamenti di 21 a 29 mm. in fabbricati o in luoghi diversi situati sul Miocene. Fra S. Rizzo e Messina, in una regione nella quale il terremoto fu energico, prima di giungere alla spiaggia del mare vennero osservati abbassamenti di mm. 40 a 78 sul Miocene fino al principio del villaggio Scala, poi mm. 97 a 127 in gradini o soglie rovinate e sconquassate sull'alluvione della Fiumara Badiazza fino all'incontro del mare.

Il maremoto susseguente al terremoto del 5 febbraio 1783 fece internare, in alcune parti, di più che 70 palmi la spiaggia circostante all'antico faro di Capo Peloro (1), distruggendo la spiaggia stessa. Oggi la torre dell'antico faro, per due terzi già rovinata dal terremoto del 5 febbraio 1783, è scalzata alla base dal mare nel quale caddero in parte i muri di cinta. Si tratta dunque di scalzamento, di corrosione e di rovina per terremoto, piuttosto che di abbassamento regionale o generale: mentre invece, come dicemmo, alla Punta del Peloro vi è un predominante avanzamento.

Veri abbassamenti per frana si manifestarono nella parte interna della stessa spiaggia attorno al Lago di Ganzirri o Pantano grande. Ciò era avvenuto anche pel terremoto del 1783. Pel terremoto del 16 novembre 1894, nell'estremità meridionale si formarono varie fratture convergenti, parallele al lago e prolungate entro questo, lunghe fin m. 40, larghe m. 0.05, con abbassamenti fin di m. 0.40 (Riccò). Pel terremoto del 28 dicembre 1908, tutto attorno al detto Lago di Ganzirri la banchina littorale fra le contrade Vigilante e Punta si abbassò da m. 0.50 a m. 1.20, cioè or più ora meno secondo i tratti, per modo che lo stagno si avanzò di m. 2.30 a 6. Di m. 0.30 a 0.40 si abbassò il suolo fra la Punta e Miceli, fra il Pantanello e Natoli; la punta Salina si arretrò da m. 38 circa, a m. 20; al Pozzicello si ebbe un abbassamento di m. 1.80 a m. 3.30, sicchè l'acqua invase orti e case. Nuove insenature si notarono alla Madonnedda dove l'acqua si avanzò rispettivamente di 15 a 18 m., e il fondale, prima di m. 5, scese a m. 7.20; a Zanghi e Mangiacani per lunghezza di m. 120, con internamento delle acque di m. 15 e approfondamento fin di m. 6; a Pantano e Chiesa per lunghezza di m. 20, con internamento fino di 14 m. e affondamento fin di metri 3.

Così pure, sempre secondo Lo Giudice, attorno al Lago piccolo del Faro la ripa si abbassò di m. 0.30 a 0.50, e l'acqua si avanzò da m. 1.50 a 2.75. Il fondale, da 28 m. è salito a 30. La strada circostante restò piena di fenditure di 10 a 30 cm. e inclinata verso il lago. Il canale che mette in comunicazione i due stagni, largo m. 2 e fondo 1, si è abbassato agli estremi, sollevandosi per contrasto e restando asciutto nel mezzo (2).

(1) G. Vivenzio, *Istoria e teoria de' tremuoti in generale, ed in particolare di quelli della Calabria e di Messina del 1783.* Napoli, 1783, pag. 379.

(2) P. Lo Giudice, *I laghi di Ganzirri e del Faro (Messina) dopo il terremoto del 28 dicembre 1908.* (Riv. mensile di pesca, anno XI, Napoli, 1909).

A Messina i terreni lungo mare sono in parte alluvionali marini, portati dalle piccole fiumare; parte sono di riporto artificiale per le tante vicende di scarichi e di ricostruzioni che là si sono verificate. Le costruzioni più prossime al porto, lungo il medesimo, sono in gran parte su palafitte.

Il terremoto del 9 febbraio 1693 aveva prodotto in Messina fessure nella strada del Teatro, che fu poi la Palazzata.

Pel terremoto del 7 febbraio 1783 si erano formati tre crepacci nel suolo avanti al Palazzo Reale, così che la parte anteriore di questo cadde verso il mare. Quasi tutta la *panchetta*, come dice il Sarconi, o banchina costeggiante il porto, si era abbassata, ragguagliando alle misure odierne, di m. 3.15 a 7.90, internandosi il mare, specialmente alla Pescheria, presso la Dogana, per 40 e più *canne* quadrate. In tempi successivi, anche senza terremoto, la banchina su palafitte che fronteggia quel medesimo luogo aveva dato più volte, anco circa al 1884, segni di cedimento.

Il terremoto del 16 novembre 1894 produsse varie fessure nel suolo della mezzaluna del porto, con lesioni nei fabbricati sovrastanti, e con abbassamenti fin di m. 0.15 (p. es., al bacino di carenaggio); fessure, con abbassamento verso il mare, si ebbero, come sempre, alla Palazzata, e seguitarono a manifestarsi anche dopo, senza terremoti.

Il terremoto del 1908 ha rinnovato e moltiplicato questi danni. Le banchine hanno ceduto per ogni dove, e lentamente continuano a cedere ancora. Varie fessure, fin sei, più o meno parallele, le hanno sbassate verso il mare, talora con piccolissime faglie scalate, talora con maggiore sprofondamento di alcuni dei lembi intermedii.

Rimpetto al vico del Seminario la banchina era alta sul mare m. 1.50, e su questa eran gli attacchi in ferro alti m. 0.60. Un abbassamento che tuttora perdurava il 12 febbraio 1909 aveva portato gli attacchi a 10 cm. sott'acqua, abbassandoli così di metri 2.20.

Secondo la livellazione del 1909 [1], lo châlet della Marina rimpetto alla via Fata Morgana si abbassò di cm. 62, e la Capitaneria di Porto o Sanità si abbassò di cm. 70.

La Palazzata ha ceduto in più punti, specialmente dove più ripido era il declivio del fondo marino attiguo alla spiaggia, parallelamente alle fessure di frana della stessa, profonde fin m. 0.50 e larghe fin m. 0.70 a 1.00.

Fessure longitudinali alla strada, parallele alla spiaggia, vedevansi anche lungo il corso Garibaldi, ed è verosimile che rispondessero al franamento ed abbassamento della spiaggia [1]. In piazza del Municipio il marciapiede era inclinato verso il mare, che è solo una sessantina di metri lontano. Fenditure con avvallamenti notò il Baratta anche in via Porta Imperiale, all'incrocio delle vie I Settembre e Cardines, e altrove [2].

Erano troppo evidenti i rapporti delle fessure di varî edifizi lungo il mare con quelle della banchina, così da dover ammettere che il franamento e le lesioni di quegli

[1] Lo Perfido, pag. 148.

[2] M. E. Cannizzaro, *Le rovine di Messina* (Annali d. Soc. degli Ingegneri e d. Arch. ital, XXIV, n. 7, Roma, 1909, pag. 228.

[3] V. anche E. Anastasi, *Alcune idee sulle costruzioni nei territori soggetti ai terremoti* (Annali citati. Ibid., pag. 231).

edifizi fossero derivati direttamente da franamento del terreno. Il basso edifizio della Dogana presentava quattro fessure, rispondenti a porte e finestre, cioè ai punti di minima resistenza, parallele a quelle della spiaggia, e con graduale ed insensibile abbassamento verticale verso questa.

Ivi presso, ai Magazzini generali, la banchina della strada ferrata, da + 1.50, è scesa a — 4.2 sotto il mare. L'Ufficio Mantenimento delle Ferrovie dello Stato a Messina ha poi trovato un abbassamento costante di m. 0.47 in tutto il piano delle rotaie dalla stazione del *Ferry-Boat* al Ponte sulla Zaera (1).

A Messina, secondo le accurate osservazioni del Baratta (2), la zona maggiormente devastata dai terremoti del 1783 e del 1908 risponde quasi esattamente a parte dell'alluvione attuale fluviale e in parte marina, decorrente anche sopra falde acquifere; ed è forse una diretta conseguenza degli abbassamenti e delle frane verificatisi nel suolo corrispondentemente al mare.

È opportuno che io riporti interamente quanto mi scriveva l'ingegnere capo municipale di Messina signor Luigi Borzì, circa le lesioni della cinta murata della città, che è lunghissima e segue tutto le possibili direzioni. « La cinta murata di Messina, « in seguito al terremoto, è quasi tutta lesionata orizzontalmente. Ha per contro po- « chissime lesioni verticali. Un tratto di circa 100 metri è completamente diroc- « cato. Anche la quantità e la estensione delle lesioni non è uguale in tutta la cinta. « Nel tratto Nord esse sono rare, mentre di maggior rilievo, specialmente nelle con- « giunture dei diversi strati murarî, si presentano a Sud.

« Essa è alta in media m. 7.50. Ha sopra risega lo spessore di 1 metro, e quello « di 0.50 in testa. È stata fondata con spessore di 1.40 ».

Almeno per molti edifizi prossimi al mare condivido l'opinione di Hamilton, il quale appunto di Messina, pel terremoto del 1783, scriveva: « Il mare verso la punta « del molo è assai profondo; in conseguenza, la terra, mancando d'un sostegno dalla « parte del mare venne a spaccarsi; e siccome in vicinanza ordinariamente sono molte « altre fessure parallele più piccole, immagino che il danno sofferto dalle fabbriche « più vicine al molo sia stato prodotto da simili spaccature al di sotto dei fonda- « menti (3) ».

Lo stesso si era verificato a S. Francisco di California nel terremoto del 1906.

La mezza luna del Porto è, ritengo, quasi esclusivamente formata da ghiaiette e da sabbie grossolane con nuclei e lenti irregolari di sabbia concrezionata a mo' di *panchina* (4). Trovasi detto che nel fondare i pali per un pontile ad Ovest del Comando marittimo, a 6 o 7 metri fu trovata la panchina calcarea: nel fondare le

(1) S. Franchi, *Il terremoto del 28 dicembre 1908 a Messina in rapporto alla natura del terreno ed alla riedificazione della città.* (Boll. R. Com. geol. 1909, pag. 117, nota 1).

(2) M. Baratta, *Il terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908.* (Boll. Soc. geografica italiana, agosto 1909). Pianta topografica. Settembre, 1909, pp. 981 e 995).

(3) G. Hamilton, *Relazione dell'ultimo terremoto delle Calabrie e della Sicilia, tradotta dal dottore G. Sella.* Firenze 1783, pag. 65.

(4) Se si trattasse di strato continuo questo formerebbe una platea buona per costruzioni; ma poichè si tratta di banchi irregolari ed eventuali, io trovai inutile far saggi per cercarli, specialmente nel suolo di Messina, come proposero gli altri membri della Commissione per la ricostruzione di quella città.

palafitte a 14 metri pel bacino di carenaggio, furon trovati anche, in mezzo a strati sabbioso-marnosi, banchi di ghiaie minute cementate, con fossili di specie tutte viventi (1) portate dalle correnti, da Sud, i quali si trovano anche nei fondali fino a mezzo dello Stretto.

Altri affermò recentemente che negli scavi sotto la Cittadella fu trovato lo scisto cristallino a conferma dell'ipotesi fatta dal Cortese (2) che uno scoglio di tale roccia sia stata la prima origine ed il punto di partenza della formazione della mezza luna.

Niun documento però ho trovato a conferma di quel *si dice*: nè esiste alcuno che abbia visto quella roccia che affermasi scavata. Già altrove manifestai l'idea che la sola sabbia con ghiaietta costituisca il recinto del porto di Messina, le cui origini debbonsi alle correnti ed alle variazioni nell'andamento del littorale e nelle profondità dello Stretto che hanno luogo in rispondenza di Messina (3). Solo sabbie grossolane e ghiaie, trasportate dai movimenti del mare, specialmente dalle forti correnti, costituiscono il fondo dello Stretto e le spiaggie adiacenti anche a Sud di Messina (Tavola II), donde le correnti le trasportano incessantemente verso la mezza-luna del Porto. La grossolanità dei materiali consente ai medesimi di mantenere sotto acqua un ripido pendìo. Questo Porto — la cui mezzaluna ricorda i tomboli del Capo Argentario, il Lido di Venezia, la diga ghiaiosa dello Stagno di Leucade, Sandy-Hook (N. Jersey), e tanti altri tomboli Atlantici e Pacifici — ha poi la stessa forma della Baia di Morro (California), aperta a Nord, e quella del Porto di Provincetown sulla costa Atlantica (Massachussets), il quale ha pure l'origine ultimamente indicata. Aggiungerò che gli scogli cristallini avanzati in mare a Scilla, a Bagnara, a Palmi, non conducono a simili forme di porto, e che uno scoglio subacqueo o emerso, il quale si fosse trovato avanti a Messina, in un mare così turbolento e profondo, secondo le conseguenze più elementari del moto ondoso, sarebbe stato necessariamente distrutto ed i materiali ne sarebbero stati portati al largo; bensì non avrebbe servito di base, e, per così dire, di richiamo ad accumulazione di altri materiali. Fu detto che la Cittadella non era stata danneggiata dal terremoto del dicembre 1908; essa però lo fu dalla replica del 13 febbraio 1909, come lo era stata nel febbraio 1783, e lo fu, come afferma il Baratta, con fenditure e assetto del sottosuolo.

Stabilita dunque la natura alluvionale marina della mezzaluna, osserviamo in essa le conseguenze del terremoto e del maremoto.

Il terremoto del febbraio 1783, come narrano il Sarconi ed altri, aveva già prodotto varie fessure parallele alla spiaggia nel molo, ed altre nel Lazzaretto, al Magazzino doganale, al Salvatore, nella Cittadella, nella zona antemurale del Porto, ed aveva abbassato la strada per il molo e la Palazzina.

Il terremoto del 16 novembre 1894 lese, abbassò e spostò il Bacino di carenaggio ed il Lazzaretto, oggi *Deposito dei carboni*, formando fessure nel piazzale adiacente.

(1) G. Seguenza, *Studii stratigrafici sulla form. plioc.* (Boll. Com. geol. 1873, pag. 86),

(2) *Sulla form. dello Stretto di Messina*, pag. 36 e seg.

(3) C. De Stefani, *Origine del Porto di Messina e di alcuni interrimenti lungo lo Stretto* (Boll. Soc. geol. italiana, vol. VII 1888).

Questi fatti si sono ripetuti con maggiore intensità nel terremoto del 1908. La livellazione del 1909 riscontrò un abbassamento di cm. 67 al cantiere navale, e di cm. 64 al mareografo ivi presso.

Tutta la penisola della Spina si abbassò con fessure e faglie verso il mare, ledendo più o meno i fabbricati e il forte del Salvatore già leso dal terremoto del 1783. Nell'abbassamento si ruppe il tubo che per il Pontile adiacente porta alle navi la nafta, sì che questa si versò dai depositi e coprì il mare.

Una fessura lunga 150 metri fece sprofondare tutta la banchina adiacente al forte del Salvatore, che era alta sul mare m. 0,40 e che fu abbassata di almeno un metro sotto, con un totale di almeno m. 1,40. Un sistema di altre 4 o 5 fessure parallele spaccò ivi la spiaggia restata emersa. Una fenditura staccò di 30 a 40 centimetri un bastione del forte del Salvatore. Uno scalo di alaggio per tirare a secco i bastimenti, a sud del bacino di carenaggio, che pur era stato leso nel 1894, fu spostato per alcune diecine di metri verso il mare. Nella piazza d'Armi di S. Ranieri, fra i Magazzini del carbone ed il Camposanto inglese il suolo si è abbassato di cm. 20 a 70 insieme con la circostante laguna, interrompendo la strada e dando luogo alla formazione di un piccolo seno marino, ove prima era terraferma, addentratosi in questa per circa 85 metri.

Il lato esterno della mezza luna, fra il baluardo detto del Parafulmine nella Cittadella e la Punta di S. Ranieri, come attesta il Baratta, venne eroso per 12 a 20 m. circa, con un massimo di m. 25 nei pressi del terrapieno. Così fra la Punta di S. Ranieri e la Punta Secca, la linea della spiaggia, ivi concava, si è internata, nel mezzo, una ventina di metri [1].

Ciò potrebbe essere in rapporto con l'abbassamento di m. 0,51 notato nella Lanterna della Punta di S. Ranieri dall'ing. Pascucci del Genio civile [2], con gli abbassamenti già detti del Cantiere navale, del Mareografo e di quasi tutti gli orli della penisoletta e col franamento delle corrispondenti pendici sottomarine, come poi diremo.

In genere è da osservare che i maggiori cedimenti della spiaggia, conseguenti al terremoto (e lo stesso dovrà dirsi di quelli che avvengono in tempi normali), si manifestano lungo i littorali nei quali è più ripido il pendìo sottomarino *immediatamente* adiacente. Ciò lo ha affermato in via generale anche il Milne [3]. Infatti, secondo gli scandagli eseguiti nel 1876 e nel 1877 [4], nel Porto di Messina si avevano pendenze dal 18 per cento in sù: all'esterno, fino a 150 metri al largo della Punta di S. Ranieri se ne avevano del 44 per cento, sebbene poi oltre, per altri 450 metri, scendessero a 21,5: colà si ebbero i massimi cedimenti e le massime rovine. Più a Nord, rimpetto a S. Salvatore dei Greci, le pendenze fino a 450 metri al largo erano soltanto del 10 per cento, causa la sovrapposizione del conoide alluvionale della fiumara dell'Annunziata; ma fin 350 metri più oltre salivano al 20,6 per cento. Ivi però cominciano

[1] M. Baratta, *Il terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908.* (Boll. Soc. geografica ital., settembre 1909, pag. 1015).

[2] Franchi, *Il terr. del 28 dic. 1908 a Messina*, pag. 117, nota 1.

[3] J. Milne, *Seismology*. London 1898, pag. 31.

[4] Ufficio idrografico, Genova.

le minori rovine di tutto quel tratto di costa nei villaggi di Paradiso e di Contemplazione.

Passando alla spiaggia calabrese, a Cannitello si hanno pendenze del 25 per cento nei primi 300 metri, che salgono al 30 fino a 200 metri più oltre, e colà furono le massime rovine, comparabili solo a quelle di Messina.

A Reggio le pendenze sono del 20 fino a 175 m. al largo, del 27 fin 400 metri più oltre, del 41,8 per cento fin 325 metri più oltre; e là pure le rovine furono grandissime. A Catona le pendenze erano del 16 per cento fino a 350 metri al largo, del 20 per cento fin 450 metri più oltre: a Gallico si aveva il 9 per cento fino assai al largo, fin a 475 metri, poi il 23 fin 625 metri più oltre: forse a quel minore pendìo del littorale, non che alla maggior solidità delle case recentemente costruite, si debbono le relativamente minori rovine delle abitazioni situate lungo la spiaggia, rispetto a quelle più interne. Fa notevole eccezione però la cittadina non bene costruita di Villa S. Giovanni, il cui pendìo sottomarino adiacente aveva ed ha inclinazione soltanto del 6,1 per cento fino a 600 metri al largo, e 9,5 fin 420 metri più oltre.

La costa Siciliana a Sud di Messina è notevolmente ripida; ma l'essere dessa incisa nella roccia solida e non completamente sabbiosa come quella della città e quella più a Settentrione, può spiegare forse i relativamente assai minori danni. Però il maremoto vi abbattè alberi, muri e case e fece molte vittime.

X.

Brevi cenni sul maremoto. Frane subacquee ed altre variazioni avvenute nello Stretto.

(Tav. II e tav. nel testo).

Appena avvertita la prima forte scossa del terremoto del 1908, sopravvenne in Messina il maremoto, da 8 a 10 minuti dopo il terremoto, cioè presso a poco alla stessa distanza di tempo in cui sopravvenne in Reggio ed in Villa S. Giovanni. Al giungere del maremoto eran già certamente accaduti gli sprofondamenti e le lesioni alle quali il mare non ha contribuito se non forse in minima parte con l'abrasione e l'asportazione di materiali superficiali. Invero il tenente Mammalella che abitava presso i Magazzini del carbone, vestitosi con la famiglia ed uscito di casa per salvarsi dal terremoto, incontrò due carbonai che gli dissero esser già rotta la strada sulla piazza d'Armi: ed in quel mentre giunse il maremoto. D'altra parte, il mare era già ricoperto di abbondante nafta per la rottura del pontile della banchina e del tubo e pel versamento completo o quasi dei depositi che non può a meno di aver durato varî minuti, e riversò la nafta pei muri del *Deposito attrezzi nocchieri* alla Spina, lontano dai depositi alcune diecine di metri. Affermano alcuni, come già a

Reggio, essersi il maremoto manifestato quasi contemporaneamente alla scossa, al più da 2 a 8 minuti dopo di questa; ma ciò non combina con sicure attestazioni dei fatti.

A S. Ranieri si osservò che esso si riversò prima dalla parte di fuori, ed un minuto e mezzo dopo dalla parte del Porto. Quivi, nel *Deposito attrezzi*, le precise altezze cui giunse si videro evidenti nelle traccie della nafta lasciate generalmente sui muri. Benissimo si distinguevano 4 tracce successive attestanti il succedersi di 4 ondate sempre più basse. La più alta traccia, sul livello del mare, che io vidi a ore 14 dell' 11 febbraio 1909, aveva m. 2,32; le altre, rispettivamente m. 2,12, 1,93, 1,71 (1). È ben singolare quella diminuzione, da un'onda all'altra, di 20 centimetri, che è pur la variazione media della marea, ed era forse la variazione di quel giorno nello Stretto.

Le onde ebbero, sembra, altezza quasi pari o poco inferiore a quella di Villa S. Giovanni e di Reggio, più bassa ed assai meno violenta che non a Pellaro ed altrove. Legnami, vagoni di ferrovia, navi non piccole e piene di mercanzia furono dispersi fino a 300 e 400 metri entro la spiaggia; alcune barche vuote scavalcarono anche la banchina; alcune persone perdettero la vita; ma il terremoto aveva già formato le fessure, le lesioni e le rovine degli edifizî e del suolo.

Sulla spiaggia Calabrese il maremoto fu risentito a Villa S. Giovanni, 10 a 15 minuti dopo il terremoto; e dicono si manifestasse con tre successive ondate di altezza sempre crescente e dopo che il mare si era preventivamente ritirato. Le ondate, dice il capostazione, venivano da nord-ovest; salirono fino a m. 1,32 sopra il piano delle rotaie alla stazione bassa di Villa, che ha la quota, mi fu detto, di m. 1,50: almeno una ondata, dunque fu alta m. 2,82.

Il maremoto spinse varie barche a conficcarsi sotto il ponte della ferrovia, il primo andando dalla stazione verso Bagnara, fino a circa 50 m. dalla battigia del mare. Dal Giardino una ringhiera in ferro, lunga circa 33 m., fu scontorta e lanciata almeno a 600 m. dalla spiaggia. Il mare così danneggiò la stazione ed alcune delle case più basse lungo la spiaggia che in parte corrose e fece arretrare; ma, essendo il paese in pendìo, fece, relativamente al terremoto, pochi danni.

Il maremoto fece pure arretrare qualche tratto di spiaggia per circa una diecina di metri a Gallico, dove, circa 10 minuti dopo il terremoto, l'onda si inoltrò per quasi 300 m. sulla terra alzandosi, dicono, circa 5 metri.

Lungo la spiaggia degli Archi a settentrione di Reggio, le onde salirono circa 3 m., s'internarono più o meno sulla spiaggia asportandone una parte, invadendo la strada littorale, spostando di 2 m. muricciuoli alti per lo meno 60 centimetri.

A Reggio, secondo misure prese dal Riccò e da me, nel *water closet* della Stazione-Porto le onde si alzarono a m. 1,25 dal piano di rotaia che era a m. 2,00 sul mare ma che forse già era stato abbassato dal terremoto; cioè, al massimo a m. 3,25.

Narrava al Mercalli un guardiano della ferrovia, e narrano altri (2) che le ondate furono tre; la seconda e la terza, più forte di tutte, a 5 o 6 minuti d'inter-

(1) Queste misure furono da me prese col massimo scrupolo: altri hanno dato cifre un poco maggiori, ed osservato solo 3 serie di onde.

(2) Platania, *Il maremoto*, pag. 413. — Vicari, *Il maremoto nello stretto di Messina* (Riv. Nautica, Roma, XVIII, gennaio 1909, pag. 6).

vallo fra loro (1): ciò combinerebbe in parte, nel numero delle ondate, con quanto fu osservato a Messina e altrove. Si sarebbero manifestate circa 10 minuti dopo la scossa, e il mare da prima si sarebbe ritirato.

Passando ancora più a Sud, a S. Agata, secondo l'Omori (2), il ponte ferroviario alla quota di m. 5,80 fu danneggiato e il ferro fu alquanto piegato.

A Pèllaro il maremoto, violentissimo, succedette circa 5 a 8 minuti dopo il terremoto, tanto da dar tempo ad alcuni di vestirsi e uscire.

Secondo testimonianze raccolte dal Platania e dal Sabatini, le ondate furono almeno tre, e la seconda, la più forte, fu quella che portò via il ponte in ferro della ferrovia (3). L'altezza dell'onda, variabile alquanto da punto a punto, fu di almeno m. 7,20.

I signori Riccò, Rizzo, Marzolo, Alfani visitarono il luogo con me e presero sul maremoto numerosi appunti. Esso si manifestò prima con ritiro del mare, ed erose il muro di difesa della ferrovia per l'estensione di circa 300 m., erosione poi notevolmente accresciuta dalle successive mareggiate ordinarie. Le onde furono così violente, che alla Fiumarella del Pèllaro balzarono e trascinarono disponendolo ad arco, e girandolo di circa 60° per circa 50 m. nel lato N-E dove era libero, e 10 m. nel lato S-O dove era fissato, spezzando le rotaie, il ponte in ferro della ferrovia con travata a tre luci, di metri 12 ciascuna, della lunghezza totale di m. 41.37, con due travi principali a parete piena, alte m. 1.096, disposte a m. 4.88 di interasse l'una dall'altra e collegate pure da travi trasversali a doppio T e a parete piena, alte m. 0,46 e situate alla distanza di m. 1.83 l'una dall'altra, da asse ad asse, del peso complessivo di tonnellate 70 comprese le longarine metalliche e quelle in legno sovrapposte e le rotaie con gli accessorii. Il piano delle rotaie era alto sul mare m. 6.30 e lontano da questo circa m. 150. Fu asportata pure la stazione del Pèllaro, in legno, alla quota di m. 7.20. Le onde si addentrarono per circa 300 m. in terra, passando anche l'argine ferroviario, trascinando al di là grosse barche e pesci, e rasero tutte le case più esterne, fin tre file di casipole coi circostanti agrumeti dell'Occhio e della Madonnella (4).

In certi tratti fra la Punta Pellaro e la Fiumara di S. Giovanni, 30 a 50 m. di spiaggia furono inghiottiti (5), ed il 7 febbraio successivo vedevansi ancora piante di vite e di agrumi sporgenti dal mare.

A Lazzàro la strada provinciale fu per buon tratto portata via dal maremoto, il quale demolì la chiesa parrocchiale di S. Maria delle Grazie lasciando in posto solo parte dell'altar maggiore che una mareggiata distrusse 3 giorni dopo. Secondo una carticina fatta dal Novarese, dal primo rilevamento del R. Istituto Geografico in poi, dopo il terremoto, la lunghezza della spiaggia scomparsa è di circa 1200 m.,

(1) Mercalli, *Contrib. allo st. del terrem. 28 dic. 1908*, pag, 37.

(2) Platania, loc. cit., pag. 415.

(3) V. Sabatini, *Contribuzione allo studio dei terremoti calabresi* (Bull. Comm. geol., ser. 4ª, vol. X, 1909, pag. 298).

(4) Platania, loc. cit., tav. IV, fig. 8, tav. V.

(5) Vedi anche Marzolo, *Relazione sui risultati degli scandagli*, 1909, pag. 115.

con larghezza massima di m. 175 (1): ma questo arretramento non devesi tutto al maremoto, poichè vi contribuirono le mareggiate ordinarie antecedenti e susseguenti.

Ritiene il Mercalli che il mare là si alzasse 10 metri: e Omori dice 10,60; ma forse è compreso in questa cifra il getto alla spiaggia, sempre più alto della vera onda.

Il Sabatini — con dati, secondo me, più attendibili — dà colà l'altezza di m. 6,50 a 7; le ondate furono almeno tre, a brevissima distanza dalla scossa, successivamente decrescenti, ad intervalli di circa 50 cm. secondo i segni lasciati nella casa Marcianò.

A Nord, di Messina, al villaggio Pace l'onda si alzò di m. 4,70, essendo le pareti della palazzina Municipale ricoperte di tritumi di legno lasciati dal mare fino a circa m. 1,50 (2): al Faro, non superò m. 0,80. A Nicotera, sul lido Calabrese, il mare prima si ritirò, poi avanzò alquanto fino alle case. A Milazzo, sul lido Siciliano, secondo notizie a me date, una lenta e regolare pulsazione di 4 in 4 minuti, di altezza sempre decrescente, durò ben visibile fino alle ore 11 del 28 dicembre. Le prime semionde erano alte circa m. 0,75 e si addentrarono fino a 3 o 4 metri nella spiaggia.

Nelle Isole Eolie il maremoto non fu avvertito.

Ad Ischia l'onda giunse circa un'ora dopo, come a Sud dello Stretto dove l'ondulazione massima, nel porto di Migiarro a Gozo verificatasi dopo $2^h.\ 40^m.$ fu di m. 0,91; mentre fu di m. 0,92 in Malta alla marina aperta di Sliema, e di m. 1,40 nel porto di Misida.

Sulla costa calabrese a Sud dello Stretto, a Melito, a Bova, dove fu notato circa 30 minuti dopo la scossa, a Palizzi, Brancaleone, dove si notò che le acque a principio si ritirarono, a Roccella Ionica, a Cotrone il maremoto fu appena sensibile.

A Venezia giunse dopo ore 4,37.

Invece sulla costa siciliana a Sud di Messina il maremoto durò fortissimo, ed ebbe anzi il suo massimo, secondo Platania, con m. 7.90, 8.40, 8, 8.50, 8, rispettivamente a Itàla, Alì, Scaletta, Briga, Galati, fino a Giardini, dove secondo numerose osservazioni di Sabatini si alzò di m. 6,50 circa, mentre a Letoianni, poco lontano, si alzò circa m. 0,50. Vi si manifestò da 2 a 6 minuti dopo la scossa, con lente ondate che si succedettero per circa 13 ore, e cominciò col ritirarsi del mare. A Catania, secondo Platania, la semiampiezza di 4 onde successive come a Messina attestate dal galleggiare della segatura nel casotto del mareografo, fu 2.70, 2.22, 2.02, 1.76, con differenze poco diverse da quelle che io notai per Messina, coincidenza veramente singolare. Le onde durarono per circa 9 ore, con periodi di 16 a 20 minuti (3). A Siracusa l'altezza fu di m. 1,60. Al Capo Passero secondo il Martinelli il mare si alzò di m. 1,50.

Il Platania che dà una accurata recensione di tutto l'andamento del maremoto nota come l'altezza delle onde abbia grandemente variato anche fra luoghi contigui ed attribuisce le altezze eccezionali notate in taluni punti alle « sinuosità della costa

(1) Sabatini, loc. cit., pag. 300, nota 1; Novarese, loc. cit., pag. 473, tav. XIV.

(2) Platania, loc. cit., pag. 373.

(3) G. Platania, *Fenomeni marittimi che accompagnarono il terremoto di Messina del 28 dicembre 1908* (Riv. geogr., anno XVI, Firenze 1909, pag. 154). — *Il maremoto* ecc. pag. 398.

« ed all'orientazione rispetto all'epicentro. Così il valore fu elevato nelle insenature « la cui concavità è rivolta verso lo Stretto e piccolo nei casi opposti. A ciò si « aggiunga la riflessione dell'onda, la diversa pendenza del fondo marino (1). Il mas- « simo di ampiezza delle onde, raggiunto sensibilmente alla stessa ora (14h.) del « 28 dicembre a Ischia, Cagliari, Napoli, Livorno dipende probabilmente da causa « meteorologica, dalle sesse marine prodotte da perturbazione barometrica... il cui « effetto siasi sovrapposto alle oscillazioni del maremoto » (pag. 442).

Quanto ai periodi « si può ritenere che siano state amplificate quelle onde il « cui periodo corrispondeva al periodo naturale del bacino posto in agitazione » (pag. 443).

« Ad eccezione di Cagliari le sesse di maremoto ebbero periodo simile a uno di « quelli delle sesse ordinarie, prodotte da causa meteorologica » (pag. 444).

Il Platania ripete l'osservazione già fatta per altri maremoti, che cioè le onde giunsero ai punti lontani dal centro del sommovimento con velocità assai inferiore a quella teorica rispondente alle profondità dei tratti di mare superati (pag. 446 e seg.). Ciò sembra rispondere, fu notato altrove, al fatto che le prime onde rimangono smorzate per via, nè perciò si diffondono oltre.

Come dopo il maremoto di Scilla del 7 febbraio 1783 la massima parte dei cadaveri di Scilla fu trascinata a Nord ed in maggior numero arenò sulla spiaggia di Paola, così i galleggianti rapiti al porto di Messina dal maremoto del 28 dicembre 1908 furono portati alcuni pochi a Sud, a Galati, ma in gran parte a Nord; quantità di botti di cedri arenarono, e fino al 28 gennaio ne furono trovate 2 pure a Paola e 8 a Fuscaldo. Un battello fu raccolto a San Lucido. Una corrente orientale portò a Bova un cadavere, forse di quelli del Pèllaro. Una corrente meridionale portò i cadaveri da Briga sulla costa Siciliana a Sud, ed altri molti cadaveri di provenienza non accertata furono trasportati fino a Brucoli fra il 3 e il 7 gennaio 1909. La corrente normale dello Stretto nell'ora del terremoto avrebbe dovuto essere scendente, cioè da Nord a Sud; due ore dopo la corrente montante da Sud a Nord avrebbe dovuto dominare nella parte settentrionale dello Stretto; ma da osservazioni di capitani marittimi risulta che essa almeno un'ora dopo dominava già e trascinava materiali alla deriva (2).

In generale, avvenuti i franamenti pel terremoto, l'opera del maremoto, che pur ne era stata una conseguenza, li compì e li estese. Anche del maremoto si dovette risentire lo Stretto fino a notevoli profondità.

Del sommovimento del fondo ne' terremoti e maremoti del messinese si ha indizio anche nella comparsa, alla superficie, dei Cicirielli (*Leptocephali*) che abitano nascosti nella sabbia a profondità di almeno 100 metri, del *Pomatomus telescopus* Risso, proprio dei fondi di 500 a 600 metri, e di altri pesci insoliti di mare profondo (3) i quali appaiono pure quando grandi burrasche turbano il fondo stesso.

(1) *Il maremoto* ecc., pag. 441.

(2) Platania, *Il maremoto* ecc., pp. 382, 429, 455.

(3) M. Baratta, *La catastrofe sismica calabro-messinese* (28 dicembre 1908). Roma, 1910, pag. 345. M. Condorelli, *Impressioni e ricordi del terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908*, Catania, 1909, pag. 8.

Per l'azione sismica sui fondali si ruppero il cavo telefonico, Gazzi-Gallico, a 3300 metri da Gallico, a profondità di circa 500 m. e il cavo telegrafico Milazzo-Lipari in un punto già precedentemente danneggiato, a 31 km. da Milazzo a 1143 m. di fondale, perciò sotto una pressione superiore a 110 kg. per cm^2, con una resistenza di circa 6 tonnellate alla rottura per trazione. Il cavo Malta-Zante si ruppe in due punti lo stesso giorno 28 dicembre, ma varie ore dopo il terremoto, forse per il sommovimento permanente nel mare (1).

L'Omori ritiene che il maremoto successivo al terremoto del 28 dicembre 1908, sia derivato da depressione ed assettamento di un metro o due dei materiali sabbiosi sciolti nel fondo dello Stretto, ma piuttosto, cred'io, dai numerosi e molteplici franamenti dei materiali sciolti sublittorali e subacquei ad ambedue i lati dello Stretto. Lo stesso Omori ritiene possibile che due sieno stati i centri del maremoto (2): ed io anzi, non escluderei che i centri sieno stati tanti quanti i franamenti. Le varie onde di gravitazione conseguenti, insieme con quella forse principale, derivante dal percorso delle onde sismiche nel fondo solido dello Stretto e dal conseguente spostamento di livello nel liquido, si sono tra loro interferite e sommate ed hanno finito per mettere in oscillazione pendolare, col ritmo che le è proprio, con vibrazioni multinodali, tutta l'acqua dello Stretto. Ciò spiegherebbe i diversi tempi di manifestazione, la diversa altezza e il diverso succedersi delle onde del maremoto nei diversi punti della spiaggia anche secondo le diverse profondità di questa e subordinatamente ai periodi di vibrazione dei varî porti ed insenature. Che i franamenti di un litorale, causa sempre il basso coefficiente di elasticità dell'acqua, sieno produttori di maremoti è cosa certa, e sono del parere di quelli che attribuiscono esclusivamente al franamento della rupe di Scilla il successivo maremoto locale del 7 febbraio 1783. Alcuni chiamano questi maremoti di dislocazione. Un esempio se ne ebbe anche di recente nel 1910 quando la caduta di uno scoglio dalla White Cliff produsse un breve maremoto nel porto esterno di Folkestone in Inghilterra.

Come avvengono frane e variazioni nella periferia del littorale, così ne debbono avvenire nel fondo del mare adiacente, e se ne ha esempio nel terremoto del 28 dicembre 1908: lo stesso deve avvenire ad ogni terremoto energico, anche per le complicazioni dei maremoti susseguenti.

Ma prima di accennare alle demolizioni ed ai franamenti subacquei, darò alcune notizie sulla morfologia subacquea e sublittorale del paesaggio che prenderò in esame.

Lo Stretto di Messina, come era già noto per gli scandagli fatti dalle varie Marine, si approfonda molto rapidamente a sud, scendendo già sotto i 1400 metri all'altezza del Porto Salvo di Melito che può considerarsi come l'estremità della Calabria e della Penisola. Sèguita invece come Canale subacqueo poco profondo per 7 a 8 chilometri a nord-est, secondo la direzione settentrionale che esso acquista fra Pace in Sicilia e la Punta del Pezzo in Calabria, costeggiando la Calabria fino ad una altezza poco più settentrionale di Bagnara, e separato dal mare siciliano mediante una cresta sabbiosa lentamente degradante in continuazione alla punta sab-

(1) Platania, loc. cit., pag. 438.

(2) Omori, *Prel. Rep. on the Messina-Reggio Earthq.*, pag. 43.

biosa del Capo Peloro. Esso si amplifica prima lentamente fino all'altezza di Scilla, poi più rapidamente fino a confondersi col fondo del Tirreno. Il fondo ne è pianeggiante con discesa leggerissima verso l'alto mare; mentre, come dicevo, a mezzogiorno esso scende con grande rapidità. All'altezza di Scilla il fondo pianeggiante di 300 m., con una profondità massima in una buca di 374 m. a nord del Capo Pacì, è largo circa 1300 m.; all'altezza di Bagnara, a nord-ovest della sua Marina, il fondo leggermente concavo, sotto — 300, con una profondità massima finora conosciuta di — 430 m. è ampio circa m. 7500.

Una simile continuazione sottomarina si riscontra verso l'Jonio, come verso il Tirreno, nella depressione che costituisce oggi l'istmo di Catanzaro, e verso l'Jonio si trova anche nel prolungamento della valle del Crati. Queste depressioni si possono paragonare a quelle che furono notate oltre la foce in mare di parecchi fiumi e torrenti anche secondarî. La si riscontra perfino alla foce della Fiumara Chianalea di Bagnara, che scende precipitosa da terreni cristallini, fino oltre — 50 m., e alla foce della fiumara di Catona, che traversa le sabbie, a circa — 20 m. Queste continuazioni sottomarine delle vallate, dell'Istmo, dello Stretto, della valle del Crati non si possono certo attribuire a recenti od antichi abbassamenti della regione: esse hanno tutt'altre origini. I solchi delle fiumare calabresi sul Tirreno e sullo Stretto sono recentissimi: giungono dalla terra al mare in un littorale formato da poco, in via di sollevamento rapidissimo. In pari modo sul littorale di Castiglioncello, nei monti Livornesi, i solchi quasi attuali dei piccoli torrentelli scavati in parte nella panchina recentissima sollevata sul mare di almeno una diecina di metri, hanno la loro continuazione appena disegnata sotto il mare fino ad una certa distanza dalla spiaggia.

Questi solchi sono dovuti cred'io, alla prevalente azione del moto ondoso e dei venti incanalati nelle valli. Senza entrare nella questione per quanto riguarda la continuazione delle vallate terrestri nel mare, che ritengo dovuta a cause molteplici, dirò, che il prolungamento settentrionale dello Stretto di Messina è dovuto, secondo me, unicamente alla continuazione delle correnti dello Stretto medesimo e alla deposizione delle sabbie trasportate dalle medesime e depositate lateralmente dove il moto di trasporto si arresta, nel prolungamento della spiaggia siciliana. Il punto di partenza dell'origine delle vallate sottomarine dello Stretto, dell'Istmo, e della Valle del Crati devesi però attribuire a cause tettoniche primitive.

Il Taramelli si era già occupato, distruggendola, dell'ipotesi che lo Stretto ed i suoi prolungamenti subacquei fossero stati in origine una vallata emersa, poi affondata (1), ipotesi fatta forse per analogia con quella, secondo me pure non fondata, proposta a spiegare la formazione del Bosforo e dei Dardanelli.

All'uscita orientale dello Stretto, da sotto Torre Cavallo e dalla marina di San Gregorio verso est-nord-est al Capo Pacì, il pendìo sottomarino si estende ripido e non vi è traccia di terrazzi subacquei, forse per la intensa e continua corrosione che le correnti marine ed il moto ondoso operano fino a grande profondità. Il pendìo

(1) T. Taramelli, *Sull'esame dei saggi di fondo nello Stretto di Messina* (Relaz. d. Comm. Reale ecc., 1909, pag. 120).

è ivi probabilmente costituito, presso terra, dallo *Gneiss*, e più al largo dai micascisti cristallini che riuniscono i lembi esterni della marina del Porticello, del Castello di Scilla e della marina tra Palmi e Gioia. Infatti in più punti fra Torre Cavallo e Capo Pacì i dragaggi segnano la roccia, mentre sabbie recenti costituiscono il fondo quasi piatto del Canale (Tav. II). Al Capo Pacì si ha la massima inclinazione del pendìo subacqueo.

Secondo le osservazioni dell'Ufficio idrografico (1), nel 1877 l'appicco di dentro terra, con breve risalto sul lido, scende tal quale fino a 34 metri sotto il livello del mare. La piattaforma sublittorale si inoltra poi fino a 1200 metri nel mare con pendenze, sempre crescenti, del 25,9 % (fino a 270 m. di distanza e 104 di profondità), del 31 (da 270 a 450 m. e a profondità di 160), del 35 (da 450 a 780 m. e 276 di profondità), del 38 (fino a 1200 m. di distanza e 292 di profondità), per seguitare poi con leggerissima discesa fino alla profondità di circa 300 metri nel canale subacqueo che segna la continuazione dello Stretto, rialzandosi nella parte opposta a ridosso della accumulazione sabbiosa che è nel prolungamento del Capo Peloro e che a sua volta ampiamente si addossa alla verosimile continuazione subacquea cristallina, o in parte terziaria antica, dei monti Peloritani.

Invece, dal Capo Pacì a Bagnara ed al golfo di Gioia le pendenze diventano in media minori quanto più si procede a est-nord-est.

Di fronte alla marina di Scilla la piattaforma subacquea sèguita fino oltre a 570 metri con una pendenza che al largo va leggermente aumentando fino alla profondità di 60 metri ed è in media del 16,6 %. Essa segna già una terrazza, un futuro pianalto in formazione. Precipita poi con uno scalino pur certamente roccioso, cred'io di micascisto, ripidissimo, del 50 % fino a m. 90 di profondità e a 630 m. dalla spiaggia, e del 42,8 % da 630 metri a 840 di distanza e 180 di profondità.

Il fondo scende poi più lentamente fino a 316 metri, massima profondità ivi indicata, per risalire più lentamente ancora nella parte subacquea opposta.

A metà tra Favazzina e Bagnara il terrazzo pianeggiante in formazione, parallelo a quello della marina di Scilla, poco si estende oltre a 300 metri dalla spiaggia in secco. Dopo, il pendìo scende alquanto più ripido fino a 2370 metri di distanza dalla spiaggia a m. 410 di profondità, con pendenze però che arrivano soltanto a 24,3 % fra le quote di — 130 e — 225 da 960 a 1350 metri dalla terra. Oltre — 410 metri di profondità, il fondo, ampiamente concavo, si innalza di nuovo fino verso — 215 metri, poichè ivi ancora, sebbene molto amplificata e con sponda più depressa sèguita la traccia dello Stretto di Messina.

Oltre Bagnara si hanno precipitosissimi appicchi a pie' del monte Alto (+ 444 m.) con profondità di — 270 metri nel mare alla base, a 700 metri dalla vetta, cioè con pendìo subaereo e più subacqueo del 102 %; e più oltre, al Capo Barbi sotto Palmi, si hanno presso la spiaggia — 200 metri, con pendìo perciò poco minore. Questi appicchi rompono certamente la continuità dei terrazzi sottomarini che sono in formazione più a Sud.

(1) *Piano della parte settentrionale dello Stretto di Messina*, Genova 1881.

Mentre a settentrione, fuori dello Stretto, le isobate marine sono assai più vicine alla ripida costa occidentale della Calabria che non a quella Siciliana settentrionale più dolce, invece lungo lo Stretto esse sono assai più vicine alla costa Siciliana che non a quella Calabrese. Solo la isobata di 400 metri comincia ad essere nel mezzo dello Stretto. Quella differenza deriva, come già notammo, dalle fiumare Calabresi che scendono assai più fornite di materiali che non le fiumare Siciliane.

Gli scandagli fatti nel Porto di Messina, nello Stretto e nelle adiacenze, nel gennaio 1909 (1), pochi giorni dopo il terremoto del 28 dicembre 1908, mostrarono qua e là notevoli differenze rispetto agli scandagli fatti nel 1876, poi nel 1903 (2) e nel 1877 (3), differenze però, credo, non attribuibili in tutto, nè forse in grande parte, ai terremoti ed al maremoto.

Alcune differenze di cifre degli scandagli ultimi rispetto a quelli precedenti possono derivare da errori di trascrizione o da minori esattezze precedenti o dal punto non preciso di prima nel quale fu fatta la seconda osservazione, o dalla stessa difficoltà di osservazione in fondi soggetti a correnti così variabili e diverse.

Qualche piccolissima differenza deriva pure da ciò: che le misure fatte nel 1876 e nel 1877 furono prese sotto il livello del basso mare, e quelle del 1909 sotto il livello medio di esso.

(1) Istituto Idrografico, *Carta costiera dello Stretto di Messina.* Genova, agosto 1909. Edizione provvisoria — Id., *Porto di Messina,* agosto 1909. Pubblicazione provvisoria.

(2) Ufficio idrografico, *Porto di Messina rilevato nell'anno 1876 sotto la direzione del capitano di fregata C. Rossi.* Genova 1879.

(3) Ufficio idrografico, *Carta costiera dello Stretto di Messina.* Genova 1881.

Bagnara
Scilla
MESSINA
V.te S. Giovanni
REGGIO
Variazioni di profondità
nello
STRETTO DI MESSINA
dal 1877 al 1909
Scala di 1 a 450000
Isobate del 1877 rispondenti a fondali aumentati
diminuiti
Fondali complessivamente aumentati
Nei tratti in bianco i fondali sono nell'insieme diminuiti

Nella *Relazione del Direttore del R. Istituto idrografico P. Marzolo sui risultati degli scandagli eseguiti nello Stretto di Messina da alcune R. navi e torpediniere nel 1° trimestre 1909*, allegata alla *Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone più adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti* (1), è riprodotta la batimetria dello Stretto soltanto in base agli ultimi scandagli, senza tener conto di quelli precedenti. Io invece ho tenuto conto anche degli scandagli precedenti, supponendo che le probabilità di errore non siano maggiori per gli uni che per gli altri, e ho redatto la batimetria dello Stretto indicando i tratti nei quali si sarebbero verificati insabbiamenti o, rispettivamente, corrosioni nei fondali (Vedi tavola a pag. 297).

Devesi anche notare che le misure segnate sulla Carta al 5000 fuori del Porto di Messina non sempre combinano con quelle ivi segnate nelle immediate adiacenze dalla Carta dello Stretto al 100.000; mentre poi nella prima Carta si mantengono per luoghi attigui tutte le cifre vecchie che nella seconda Carta sono in parte soppressi. La diversità delle scale e la necessaria soppressione di molte cifre nella Carta al 100.000 tengono perplessi sulla realtà delle cose. Io mi attenni, per il Porto, alla carta al 5000; per lo Stretto, solamente a quella al 100.000 (2).

Esaminiamo prima il littorale calabrese.

Dalla Fiumara S. Agata a Reggio misure prese specialmente a breve distanza dalla spiaggia hanno constatato per lo più una non piccola diminuzione dei fondali. Rimpetto la detta Fiumara si ha — 120 (invece di — 210 e — 78). A Sud della Punta Calamizza si ha differenza di — 18; ma ad O si ha un rialzo di + 38, e a NO di + 20; alla Fiumara dell'Annunziata in Reggio, a Sud, si ha 42 (invece di 34, con — 8): a Nord invece 70 (in luogo di 147, con + 37).

Quanto al porto di Reggio, gli scandagli eseguiti nel febbraio 1909 dalla R. nave *Staffetta*, paragonati agli scavi che l'Ufficio del Genio Civile di Reggio aveva eseguiti fino al settembre 1908, mostrano che dopo il terremoto del 28 dicembre le profondità nel Porto erano aumentate, in molti punti, di circa 1 m.; ritengo ciò conseguenza dei moti vorticosi conseguenti al maremoto che fu là assai violento (3).

Diminuzione di fondali troviamo anche lungo il littorale, tra la Fiumara di Catona e la Punta del Pezzo; cioè a NO della foce della Fiumara, un po' al largo (+ 5), e un poco più ad O (+ 26). A 700 e a 1300 metri dalla spiaggia, rispettivamente ad O e O-SO di Caminìti, troviamo + 68 e + 34.

Si ha quindi, tra la Fiumara di Catona e l'Acciarello, una zona convessa verso lo Stretto, con variazioni positive.

Solo più al largo, a 900 metri dalla spiaggia, troviamo un aumento di fondali fino a — 10 metri, come sempre dalla parte di Messina.

(1) Roma, Tip. d. Lincei, 1909.

(2) C. de Stefani, *Variazioni nel fondo dello Stretto di Messina constatate dopo il terremoto del 28 dicembre 1908* (Riv. geogr. ital., anno XVIII. Firenze, 1910, pag. 138). Qui sono indicate tutte le cifre: le vecchie e le nuove.

(3) Marzolo, *Relazione sui risultati degli scandagli. Schizzo dimostrativo degli scandagli eseguiti nel Porto di Reggio dal locale Ufficio del Genio civile nell'anno 1908 - Schizzo dimostrativo degli scandagli eseguiti nel porto di Reggio dalla R. nave « Staffetta » nell'anno 1909* (Rel. d. Comm. Reale, 1909).

Diminuzioni da + 3 a + 50 metri troviamo presso il littorale tra Villa S. Giovanni e il Pezzo, a NO e a N dell'odierno Faro.

Questa variazione positiva, o diminuzione di fondale, segnalata per largo tratto a Sud della Punta del Pezzo, simile a quella già indicata tra la Fiumara di Catona e l'Acciarello, ma con giro più ampiamente convesso, sèguita a traverso tutto lo Stretto fino quasi a raggiungere la opposta sponda Siciliana verso Pace e S. Agata. E questo il tratto, per l'appunto, meno fondo e più breve dello Stretto.

A metà dello Stretto, 2200 metri a O-NO della Punta del Pezzo e quasi sulla linea di Pace troviamo + 65. A N di questo punto, 1400 metri a Sud di Ganzirri, è 102 presso il luogo dove era 123 (+ 21), che era considerato per l'innanzi il punto meno fondo dello Stretto.

Altre diminuzioni (+ 7 e + 28) sono rimpetto la spiaggia tra Ganzirri e il Faro, di + 8 a NE del punto sopra detto mediano allo Stretto, a 1200 metri da S. Agata, non che ad Est a mezza via da Pace. A S-SO, ancora in mezzo allo Stretto, abbiamo 148 invece di 179 (+ 31).

Più oltre, ogni intorno, abbiamo variazioni negative.

Passando, per lo contrario, a Settentrione della Punta del Pezzo, 200 metri a Nord di Cannitello troviamo una variazione negativa (— 25) la quale, in contrapposto a quella precedente positiva, seguìta, salvo lievi eccezioni che vedremo, fino alla opposta sponda siciliana del Capo Peloro. È da ricordare che Cannitello, dopo Messina, fu il paese di spiaggia più completamente distrutto dal terremoto del 1908.

Al largo di questi punti, a 1500 metri dal Capo Peloro, cioè già oltre il mezzo dello Stretto, troviamo 252 invece di 274 (+ 22). A Nord e ad Ovest cominciano le variazioni negative fino alla costa Siciliana del Capo predetto.

Più a E-NE della Punta del Pezzo, alla latitudine di Torre Cavallo, quindi ancora nella parte meno ampia, ma più esterna, dello Stretto, ad 1 km. dalla spiaggia Calabrese è una diminuzione di + 12: a N-NO di Capo Pacì, altra di + 23.

Fuori dello Stretto, a NE del Castello di Scilla, a 1100 metri dalla costa, la cifra 192 fu sostituita a 280 (+ 88). Solo a NE di Favazzina troviamo 72 invece di 71 (— 1).

Nel canale subacqueo che prolunga a NE lo Stretto di Messina, dalla parte Calabrese troviamo sempre cifre alquanto più basse, sostituite, non proprio sullo stesso punto ma assai vicino, ad alcune altre che non sono ripetute: indizio di possibile ma non sicuro riempimento parziale. Così 1700 metri al NO di Bagnara troviamo + 47; 3200 metri a Nord del Castello di Scilla, + 27: e 6500 metri a N-NE, + 15. Le misure nuove sono qui assai numerose; ma siccome quelle precedenti erano relativamente scarse, così le misure comparative nuove sono scarse, fuorchè per il tratto a Settentrione della Sicilia fra il Capo Peloro ed il Capo Rasocolmo che io qui non ho preso in considerazione, e che mostrano in generale un insabbiamento, cioè una diminuzione dei fondali adiacenti alla spiaggia.

Passiamo ora al littorale siciliano a Mezzogiorno dello Stretto, e partendoci da Gazzi procediamo verso Settentrione.

Circa 400 metri ad Est della Fiumara di Larderia è 385 invece di 226 (— 59); ad E-NE di Mili, a 4 km. dalla spiaggia, quasi in mezzo allo Stretto, si ha — 41: ma ad Est e a Nord si hanno variazioni positive.

Così a 7 km. dalla più prossima spiaggia sicula e a 3400 metri dal Porto di Reggio si avrebbe un rialzamento di + 12; benchè poi a m. 2200 si trovi 431 presso al punto dove era 369, e a Nord, a m. 3100, si trovi 376 invece di 371 (— 5). A m. 9300 rimpetto la spiaggia sotto il convento di Roccamadorco vi sarebbe un affondamento di — 4 metri. Ma a 1500 metri dalla spiaggia che si dilunga a Nord della Fiumara di S. Filippo si avrebbe un rialzo di + 68; e 4300 metri dalla stessa, circa a metà dello Stretto, uno di + 103. A 2500 metri a Est della spiaggia di Gazzi notossi un rialzo di + 7, e di + 45 a 4600 metri oltre il mezzo del canale a metri 2600 dalla Fiumara di Gallico. Bensì, prima di raggiungere la spiaggia calabrese, a 1300 metri dalla Fiumara notaronsi — 14 metri, ed all'altezza del Cimitero di Messina, a 500 metri in mare, — 61. Ma a 3 km., quasi in mezzo allo Stretto, è 277 invece di 338 (+ 62). All'altezza della stazione di Messina, presso terra, dove era 10, troviamo 40 (— 30).

Entro il porto di Messina sono state rilevate pure le sponde, mettendo in chiaro gli sprofondamenti avvenuti pel terremoto. Anche nei fondali vi sono variazioni abbastanza notevoli. Nell'insieme notasi che addosso alla spiaggia, per immediato effetto dei frammenti prodotti dal terremoto, il fondo è aumentato, salvo a Sud del Fanale, a Sud del vecchio Lazzaretto, oggi deposito del carbone, e ad Ovest del Bacino di Carenaggio. Ciò ha prodotto un riempimento, con leggero rialzamento, un poco al largo, a Nord dei Magazzini generali, a Sud del Forte S. Salvatore, a NO della Sanità. Nell'insieme la quota di m. — 10 non è rimasta gran fatto alterata.

Tornano però più al largo notevoli aumenti di fondale. La quota di m. 50 si è notevolmente avvicinata alla spiaggia nel lato Sud del Porto e nel lato occidentale della Bocca; non solo: ma a 5 metri ad Ovest della Cittadella, dove prima eran fondi di 7 metri si è formata una lunga conca con fondi alquanto superiori a 10 metri, e nell'ansa ad Est del Porto fra il Forte S. Salvatore ed il Deposito carbone si è notevolmente amplificata la conca avente quote superiori a m. 60, con un massimo di 68 metri. Anche la Bocca del Porto si è alquanto approfondita. Attribuisco questi cambiamenti, che nuove osservazioni giudicheranno se sieno permanenti o temporanei, al maremoto, ed all'azione escavatrice dei vortici che si dovettero formare nelle anse a levante del Porto.

Fuori del Porto, intorno a Messina, troviamo profondità aumentate per amplissimo tratto a Nord fin verso Pace e fin oltre il mezzo dello Stretto a NE ed E-NE.

Presso la Punta di S. Ranieri si ha — 88 invece di — 38 (con — 50); ed anche al largo, ad Est, verso il mezzo, dello Stretto troviamo — 96, — 44, — 26, forse con un rialzo più nel mezzo perchè presso 338, misura antica soppressa, è segnato 320 (+ 18). Però ancora ad Est, a 1900 metri dalla fiumara calabrese di Catona, si ha — 13. Più oltre, ad Est, principia l'insabbiamento della spiaggia Calabrese.

Appena a NE della Punta di S. Ranieri pare si abbia un rialzo, perchè si trovarono m. 58 vicino al luogo dove prima eran segnati 164 (+ 106): ma nell'esterno del Porto, ad Est della Punta Secca, trovasi un affondamento di — 49; subito a Nord, di — 42; a N-O; di — 8, e poco più oltre la cifra 55 è sostituita a 54 (— 1). Però poco oltre ad Est è 61 invece di 67 (+ 6). Più al largo, sempre ad Est della Punta Secca, si

notano ancora affondamenti di — 2; a Nord, di — 19, cioè 338 metri invece di 319. Oltrepassata la metà dello Stretto, all'altezza della Capitaneria di Messina troviamo ancora 297 sostituito a 287 (— 10). Più ad Est ricomincia l'insabbiamento Calabrese.

Rimpetto al Gazometro, ad 1 km. notasi 239 presso dove era 132, soppresso, e 302 presso il già 234 soppresso; 2400 metri ad Est del Gazometro 305 invece di 294 (— 11); a 3100 metri, cioè già oltre la metà dello Stretto, 284 invece di 269 (— 15): e ancora più oltre, a 5000 metri, cioè a soli 900 metri dalla spiaggia Calabrese di Caminiti, — 21. Più ad Est ricomincia l'insabbiamento.

Passiamo ad esaminare il tratto a Nord di Messina attorno a S. Salvatore dei Greci rimpetto l'Acciarello e Villa S. Giovanni. Un poco a Sud di S. Salvatore, alla Fiumara di S. Francesco di Paola, presso terra abbiamo 14 invece di 6 (— 8), e — 8, — 7,5 a Nord della Fiumara dell'Annunziata. A SE di San Salvatore, a 500 metri da terra, abbiamo — 31; 800 metri ad Est, — 78.

A Nord di S. Salvatore, a Est di Cannavoia, a 400 metri presso terra è — 26, e a 900 metri — 7; a 1600 metri — 25; a 2200 metri, nel mezzo dello Stretto, — 2. Però alquanto a SO di questo punto pare sia una variazione positiva con 207 presso il punto dove era 222 (+ 15) che forse si riconnette col riempimento Calabrese constatato dalla parte di Villa S. Gievanni.

Più a Settentrione presso terra, 600 metri ad Est del Paradiso, troviamo — 11; e a 1600 metri, 257 presso il luogo dove era 179 (— 78). Pur presso terra, ad Est di Pace, dove era 8, è ora 23 (— 15).

Più al largo, 500 metri a SE di S. Agata trovasi — 21; ma ancor più al largo, 900 metri da terra, ad Est di S. Agata, abbiamo 98 presso il punto dove era 105, ora tolto (+ 7): e 400 metri ad Est di Ganzirri, + 38.

Presso la spiaggia, a SO della Torre che sta a Sud del paese di Faro, dove erano 5 metri sono ora segnati 12 (— 7). Invece ad Est della Torre son segnati 5, 8 dove prima erano fondali assai maggiori.

Diminuzioni di fondali si hanno pure nell'immediato contorno di Capo Peloro. Rimpetto al paese del Faro son 9 e 8.5 dove erano 50 (+ 41 e + 41.5): e presso la punta a Sud del Capo 9, dove eran 11 (+ 2); un poco più ad Est, al largo, 173 presso dove era 174. Però ad Est della punta troviamo 100 invece di 80 (— 20); al largo, a 400 m. dalla spiaggia tra Ganzirri e la Torre del Faro, — 26; a Sud della Punta meridionale del Peloro, un po' al largo, 246 invece di 243 (— 3).

Un poco più ad Est comincia il rialzamento fino alla costa calabrese di Torre Cavallo e Capo Pacì.

Salvo queste probabili diminuzioni di fondale a Sud della spiaggia che va da sant'Agata al Faro, abbiamo indizî di leggeri aumenti e di corrosioni in quasi tutto lo Stretto fino all'incontro della spiaggia calabrese che corre tra la Punta del Pezzo e la Marina di Porticello.

Si hanno infatti, nelle misure nuove, queste variazioni:

a Sud del Faro, a 1000 m. dalla spiaggia, — 10;

a Sud di questo punto, a 1000 m. dalla spiaggia calabrese del Pezzo, — 4;

1500 m. a N-O della Punta del Pezzo, alla metà dello Stretto — 11; 1400 m. a O-N-O — 30; 900 m. a N-O, — 7.

Fuori dello Stretto, subito a Nord del Capo Peloro, dove era 2 troviamo 5 (— 3). Però 1200, m più a Nord, invece di 182 è 144 (+ 38); ed anche nello sprone sabbioso che seguita tuttora a Nord trovasi 227 sostituito a 235 (+ 8) e 249 presso il numero 280 tolto.

Concludendo, dal 1877 al gennaio 1909, in 32 anni, sono avvenuti cambiamenti, che a me sembrano notevoli, nei fondali dello Stretto.

Il fondo dello Stretto non è costituito direttamente da roccia viva allo scoperto, ma bensì da materiali mobili. Probabilmente la roccia viva cristallina o terziaria, forse miocenica, trovasi a poca profondità nel risalto che costituisce la parte meno fonda e più stretta. Così ho ritenuto anche in alcuni miei lavori precedenti.

Notevoli differenze nella variazione dei fondali si ritrovano fra la costa Calabrese e la costa Siciliana dello Stretto, prevalendo l'insabbiamento ed il riempimento presso la prima, la corrosione e l'aumento dei fondali presso la seconda.

Alla Punta del Pèllaro sono avvenuti arretramenti e corrosioni ed altre variazioni non sufficentemente constatate dalle nuove misure.

Sulla costa Siciliana fra Taormina e Galati, al largo, si sarebbero verificati alcuni insabbiamenti e riempimenti, che però rimangono incerti.

Salvo qualche piccolo arretramento ed aumento di fondale a Sud della Punta Calamizza e della fiumara dell'Annunziata in Reggio, un poco al largo, il littorale fra la fiumara di S. Agata e Reggio si sarebbe riempito e rialzato, probabile conseguenza dei materiali che il Calopinace e le altre fiumare continuamente vi portano.

I fondali sabbiosi dalla fiumara di Catona alla Punta del Pezzo fra la fiumara di S. Agata e Reggio, sono diminuiti. Continua dunque l'insabbiamento manifesto e visibile anche in terra ferma alla Punta del Pezzo, dovuto all'opera delle fiumare e del moto ondoso.

Dalla parte Siciliana, sempre verso lo Stretto, soltanto per brevissimo tratto nell'immediato contorno del Capo Peloro, e per brevissimo tratto a Sud fino alla Torre del paese di Faro, questa esclusa, troviamo progrediti l'insabbiamento ed il riempimento, che riteniamo essere saltuarî perchè dopo il terremoto del 5 febbraio 1783 sappiamo essersi manifestati arretramenti e corrosioni. Entro il Porto di Messina, i fondali della Bocca e di altri punti aumentarono.

All'esterno del Porto e tutto attorno, da Gazzi al Capo Peloro, salvo qualche diminuzione di fondali ad Est di Gazzi, in modo più ragguardevole (+ 106 m.) appena a NE della Punta di S. Ranieri, ed altre sporadiche minori, al largo di S. Salvatore dei Greci, ad Est di S. Agata e Ganzirri nell'immediato contorno del Capo Peloro però fino a + m. 41.5 rimpetto al paese del Faro, generalmente si notano presso il littorale e fin verso il mezzo dello Stretto corrosioni ed aumenti di fondale assai notevoli.

La variazione negativa da S. Agata e Ganzirri al Faro si protende a tutto lo Stretto fino a Nord della Punta del Pezzo in Calabria, in contrapposto alla variazione positiva che si protende a Sud della Calabria sin quasi alla Sicilia.

La massima variazione negativa si ha tutto all'intorno del Porto di Messina.

Corrispondentemente a ciò, ad Est e S-E di Messina la isobata di 300 m. si è notevolmente amplificata attestando un aumento dei fondali tra lo 0 e — 300.

A cagione degl'insabbiamenti avvenuti in rispondenza alla Punta del Pezzo, sembra che la soglia rispondente alla parte più stretta e meno fonda del Canale fra la Punta Pezzo e Ganzirri si sia innalzata. Infatti la massima profondità precedentemente segnata, di m. 123, a Sud di Ganzirri, è stata cancellata; ed oggi quella massima profondità potrebbe essere, al più, di m. 110.

Secondando il tratto meno fondo della soglia tra la Punta Pezzo e Ganzirri, con andamento appena tortuoso, i fondali non superano i 100 m. essendo m., 99 fra il mezzo dello Stretto e la costa Siciliana la profondità massima ivi indicata.

Fuori dello Stretto, a N-E, nel canale subacqueo che lo continua e nelle adiacenze, prescindendo dalle corrosioni e dall'arretramento della costa rocciosa calabrese, si constatarono quasi solo insabbiamenti e diminuzione di fondali.

Così pure, nella parte Sud dello Stretto, dall'altezza del Piano Mosella in Messina a quella di Reggio, sembra che nel mezzo si sieno verificati insabbiamenti con diminuzione di fondali dalla isobata di circa 400 m. in giù.

Quanto alle cause di tali variazioni, converrebbe distinguere quelle permanenti e quelle transitorie.

Cause permanenti sono i materiali di rifiorimento della spiaggia portati dalle Fiumare, e da quelle calabresi più che da quelle sicule. Esse portano alla spiaggia i materiali che il moto ondoso distribuisce sulla spiaggia sempre rinnovellata e, come si dice in termine toscano, rifiorita. Ciò spiega l'incessante insabbiamento della spiaggia calabrese e il protendersi della medesima sopra tutto a N-N E, e Est e S-E e Sud della Punta del Pezzo.

Cause transitorie, oltre il moto ondoso e le correnti marine superficiali e profonde, variabili con la marea, ma anche col regime dei venti nei varii periodi dell'anno, potrebbero essere i terremoti ed i maremoti.

L'azione dei terremoti nel franamento della spiaggia emersa ci è già nota. Quindi è possibile e verosimile che per effetto del terremoto si sieno verificati franamenti ed aumento di fondali pur sotto il livello del mare, lungo tutta la costa sicula e specialmente attorno al Porto di Messina dove il pendìo precedente era ripidissimo, ben più che sulla costa calabrese, appunto pel mancato rifiorimento delle Fiumare. È possibile che l'aumento di fondali sulla costa siciliana, constatato dagli scandagli del gennaio 1909, sia stato dovuto in molta parte al maremoto conseguente ai fenomeni sismici. Invece il lieve pendìo non consentì simili spostamenti sulla spiaggia calabrese.

I materiali eventualmente trascinati al largo si dovettero posare appena la diminuita forza di trasporto lo permise; cioè verso le maggiori profondità, e ciò potrebbe spiegare perchè appunto le profondità sotto 300 e 400 m. nel mezzo dello Stretto presentino un insabbiamento ed una diminuzione di fondali.

Che realmente i fondali presso la spiaggia calabrese e nel mezzo allo Stretto sieno diminuiti quasi certo per effetto di materiali trascinati dalle correnti del maremoto, lo direbbe il fatto che nel 1909, dopo solo 5 anni da che era stato riparato, fu trovato interrito, talchè venne in parte abbandonato, il cavo telefonico Gallico-Gazzi, rotto dal movimento sismico, che a 500 m. da Gallico e m. 73 di profondità era coperto da sabbia di rocce cristalline dell'Aspromonte, e nel mezzo dello Stretto, a

m. 500 di profondità, era coperto da melma derivante da roccie cristalline con qualche raro elemento vulcanico (1), pur presente nella sabbia, che in parte almeno proviene dalle Lipari.

Quanto all'idea che queste variazioni nei fondali siano state causa di terremoti questo già lo escludemmo. Infatti nel tratto meno fondo constatammo rialzamenti, e non abbassamenti. Abbassamenti lungo la costa sicula nel fondo marino e nel corrispondente livello nella terra ferma adiacente si manifestarono in modo variabile, solo nel suolo sabbioso che è il più superficiale, non nelle rocce solide adiacenti; inoltre furono locali e limitati a zone alternate con altre nelle quali, invece di aumento di fondali, si osservarono diminuzioni e interrimenti: e d'altra parte i fenomeni sismici si manifestarono energici anche fuori dello Stretto.

Bensì le variazioni del littorale e del fondo marino possono essere state causa del maremoto, da non confondersi con l'emergenza delle onde sismiche longitudinali dall'acqua. A loro volta i *nodi*, i *ventri*, le interferenze prodotte dal maremoto spiegano forse la diminuzione di fondali, talora notevole, avvenuta p. es. presso la Punta di S. Ranieri a Messina ed altrove in mezzo alla regione scavata e generalmente approfondata.

Misure ripetute in quei luoghi, in stazioni diverse, contribuiranno meglio a determinare quale sia la parte dovuta ai sismi e quale agl' insabbiamenti od alle corrosioni normali.

È possibile che l'altezza del fondo varii secondo gli anni e le stagioni, secondo l'imperversare delle traversìe sulla costa e la direzione, nel mare, delle correnti, le quali evidentemente, come già si vide accader pure lungo lo Stretto, hanno azione su profondità marine molto più ragguardevoli che non si credesse. Che a quel riempimento contribuiscano anche materiali grossolani e non di sola sabbia, lo prova pure il fatto che i fili telegrafici situati fra Bagnara e Torrebianca furono trovati rotti a circa nodi 1.25 da Bagnara sull'orlo di un banco dove la profondità aumenta fino a m. 405, coi capi profondamente sommersi in un fondo che lustrava in poco tempo i grappini adoperati per rialzarli (2).

(1) Salmojraghi, *Di alcuni saggi di fondo*, pag. 715.
(2) Platania, *I cavi telegrafici*, ecc., 1905, pag. 32.

XI.

Fenomeni geologici secondari. Distribuzione della mortalità. Aree meno lese o immuni.

(Tav. II, III e IV).

Oltre le frane e le faglie, altri fenomeni geologici secondarî possono manifestarsi. Nella Piana di Rosarno, ad ogni forte sisma l'alluvione superficiale si apre in brevi voragini circolari, sovente con irregolari fessure radiali, e ne escono getti, talora alti, di acqua mista a sabbia o fango, perciò talora torbida, che forma ben anco dei labili conetti, come vulcanelli di fango (febbraio 1783, novembre 1894, settembre 1905). Consimili voragini o fessure, dalle quali escono acqua e sabbia, si formarono anche nei limitrofi territorî pianeggianti di Laureana di Borello e di Polistena (5 febbraio 1783), nel territorio di Monterosso presso l'Angitola (28 marzo 1783) nella pianura di Maida verso la Marina e nel Pantano di Tremola, sul Corace, a Lacconia, Curinga, S. Pietro nella valle del Tacina (8 marzo 1832), nell'alveo della fiumara Sicca presso Molochio in Calabria. e intorno allo stagno di Ganzirri presso Messina (novembre 1894, Riccò); e l'8 settembre 1905 presso la spiaggia fra Tropea e Amantea (Mercalli), nella marina di Curinga e della regione Soverato presso Nicotera, a Marcellinara, in contrada Angitola presso Maierato, a Feroleto antico (Rizzo), e ancora il 28 dicembre 1908 fra il Pantano di Ganzirri e il mare (Lo Giudice).

Pel terremoto dell'8 settembre 1905, presso il confine fra i territorî di Montalto Uffugo e di S. Vincenzo la Costa, dal suolo argilloso pliocenico vennero fuori getti di fango alti fino 1 m., trascinati dall'acqua di alcune sorgenti improvvisamente gonfiate, per modo che fu creduto trattarsi di vulcanetti di fango (1). Pare che il fenomeno vi si ripeta spesso in occasione di terremoti.

Gli è che il sottosuolo, a poca profondità, è torboso e ghiaioso e ricco di falde acquifere. La pochissima elasticità della falda acquea fa sì che l'urto sismico, comprimendo il suolo sottostante, cacci fuori l'acqua con impeto a traverso i brevi strati alluviali che la ricoprono.

È questa medesima la ragione per la quale i vulcanetti di fango di S. Sisto nella valle del Drago lanciarono acqua fangosa a maggiori altezze dopo i terremoti del 1854, dell'8 settembre 1905 (Mercalli), come del resto in altri periodi indipendenti da terremoti.

Fu detto talora che uscisse acqua rossa o sabbia rossastra (fra Cosoleto e Sinopoli, novembre 1894, Riccò), perchè evidentemente la terra rossa, come in molte pendici circostanti, forma parte del suolo; a volte la sabbia fu presa per cenere (Pantano di Tremola sul Corace, 28 marzo 1783).

(1) G. B. Rizzo, *Contributo allo studio del terremoto della Calabria del giorno 8 settembre 1905.* (Atti Acc. Peloritana, vol XXII. Messina, 1907, pag. 75).

Per effetto del terremoto, specialmente nei terreni smossi, le sorgenti diminuiscono o cessano temporaneamente (Messina, febbraio 1783; Anoja superiore [sorgenti cessate temporaneamente nel febbraio 1783; dopo nuova scomparsa di nuovo uscite dopo il terremoto dell'8 settembre 1905; di nuovo scomparse poi e ricomparse dopo il 28 dicembre 1908]; Palmi, San Procopio, Scido, Rosarno, Gioiosa, Bagnara, novembre 1894: Gizzeria, Guardavalle, Miglierina, Petilia-Policastro, Rombiolo, Piscopìo, Vallelonga, Longobardi, Rose, settembre 1905), ovvero intorbidano, pei materiali che ne occludono l'uscita (Polistena, novembre 1894: Girifalco, Maierato, settembre 1905) o seccano definitivamente.

Altre sorgenti invece sono rimesse a giorno o si formano là dove prima non erano (Rosarno, Nicotera, 1783; Vallelonga, San Floro, Cortale, Belcastro, settembre 1905) o si dice che ingrossino, quantunque in simile affermazione, quasi più che nell'altra della diminuzione, convenga andar cauti, specialmente se col terremoto coincidono periodi di pioggia (Amaroni, Centrache, Gagliato, Gasperina, Petronà, Bonifati, Canna, Civita, Cleto, Lago, Sorgenti termali di Galatro, Polistena settembre 1905: [Rizzo]).

Anche i pozzi possono variare di portata.

Ciò deriva dalle fessure del suolo mobile otturate ovvero aperte per la scossa. Ciò può verificarsi in pari modo per le acque termali o per sorgenti di gas. Così dicesi che più volte, pei terremoti, sia temporaneamente variata la quantità del solfuro idrico nelle sorgenti di Sambiase, e nel terremoto dell'8 settembre 1905 tutte le sorgenti termali dello stesso luogo crebbero considerevolmente di portata, e quantità di acqua solfurea sgorgarono più a valle delle sorgenti esistenti. Alle terme di Cetraro nel circondario di Paola dicesi che per lo stesso terremoto l'acqua calda diventasse improvvisamente fredda con ragguardevole aumento di portata: si vede che grandi masse d'acqua fredda furono per qualche fessura immesse nella vena calda.

Passiamo ad esaminare la distribuzione effettiva dei terremoti secondo la natura delle rocce superficiali.

Là dove manchino strumenti numerosi, esatti, comparabili, che diano le indicazioni sismiche automaticamente, e, confessiamolo, è tuttora il caso generale, per esaminare la distribuzione e l'energia delle scosse nei differenti tratti di una superficie si possono adottare vari metodi, tutti però imperfetti, specialmente quando uno non sia stato testimone o visitatore dei luoghi. Qualora si tratti dei tempi andati, specialmente di quelli più antichi, non rimangono testimonianze tangibili. Un certo fondamento di giudizio può darlo la determinazione pecuniaria dei danni [1], quando esiste; ma è un fondamento incertissimo e, ad onta di ogni cautela, subordinato a concetti personali, a denunzie che non tutti fanno e che i più falsificano con esagerazione, ed a rapporti con la ricchezza relativa dei paesi e delle regioni che è sempre un elemento dei più variabili, e quasi dei meno suscettibili di calcolo. Nemmeno è buon criterio l'enumerazione delle case rovinate. La rovina di una piccola casa isolata e mal costruita in uno sperduto borgo di campagna ha un significato

[1] V. M. Baratta, *Sopra le zone sismologicamente pericolose delle Calabrie*, Vogliera, Riva. G. Mercalli, *I danni prodotti dai terremoti nella Basilicata e nelle Calabrie* (Rel. della Sotto Giunta parl. d'inchiesta sulle cond. contadini n. prov. merid. e nella Sicilia. Vol. V, Tomo III, Roma. 1909).

sismico diverso dalla rovina d'una robusta palazzina o d'un gran palazzo di città; ho poi visto che talora il numero delle case denunziate come cadute in rovina è superiore al numero delle case esistenti, perchè nè piccoli paesi e nelle città antiche chiamansi case quartieri, piani o anche sole stanze di proprietà privata di ogni singola famiglia. Difettoso criterio è certo anche il numero de' morti poichè gli uccisi dalla caduta di una caserma o d'un monastero de' vecchi tempi, o da una Chiesa funzionante, non si possono comparare con chi sia ucciso dalla rovina di una casetta o di un fienile; pur, di fronte alle eccessive incertezze che si verificano nella determinazione degli altri elementi, questo del numero dei morti è ancora il criterio più preciso e più definito ed oggi è in certo modo il più importante, perchè si da più importanza alla vita di un uomo che alla perdita del materiale di un borgo. Perciò ho redatto una tavola con l'area della mortalità di alcuni dei principali terremoti di Calabria pei quali potei conoscere una statistica esatta dei morti, e questa tavola mi sembra altrettanto esatta ed altrettanto meritevole di osservazione e di fiducia quanto le tavole, sempre alquanto arbitrarie, mostranti schematicamente i così detti epicentri delle varie scosse Calabresi. (Tavola III).

Come già risulta da quanto fu detto nei Capitoli precedenti alcune regioni della Calabria sono più soggette ai terremoti ed altre meno.

Coerentemente a ciò ed attenendoci all'importante criterio della mortalità, vediamo che, salvo qualche lievissimo errore dipendente da mancanza o da incertezza di alcune statistiche, in molti grossi centri e capo luoghi di Comune di Calabria negli ultimi tre secoli non si è avuto nemmeno un caso di morte per terremoto. La incolumità loro non devesi a diversa costruzione di case ma sì alla natnra del suolo. Sono i seguenti:

Calabria a Sud dell'Istmo di Catanzaro.

I. Bova, Brancaleone, Bruzzano, Palizzi, Roghudi, S. Carlo, Staiti. Questi fanno parte della zona degli schisti carboniosi addossati alla parte meridionale del Montalto, che sono un eccellente schermo.

II. Caraffa, Casignana, S. Agata. Hanno risentito sempre, più o meno, scosse, ma senza mortalità. Sono nella estremità meridionale del versante Jonio, sopra arenarie del Miocene inferiore, e riparati dalla probabile continuazione sotterranea dei detti schisti carboniosi nel lato orientale del Montalto.

III. Antonimina, Cànolo, Cimina, Cirella, Gerace. Stanno su rocce preneogeniche al riparo dei detti schisti, ad oriente dei Pianalti di Cittanova. L'ultima città che sta sul Pliocene ha però sofferto più volte per terremoti.

IV. Bivongi, Camini, Pazzano. Camini sta su terreno miocenico, in mezzo alla regione littorale Jonica abbastanza spesso malmenata dai terremoti. Gli altri due paesi stanno sui refrattarî schisti carboniosi che ivi sono d'età verosimilmente devoniana.

Così queste zone meno lese formano una serie poco interrotta a mezza via fra il littorale Jonio e la cresta dello spartiacque del Tirreno.

V. Sul versante Occidentale o Tirreno sembrano possedere una relativa immunità solo Rombiolo e qualcuno dei piccoli luoghi vicini che sono sul Miocene ripo-

sante sugli schisti cristallini, nella parte meridionale del Capo Vaticano, o Poro, territorio assai esposto ai terremoti.

Calabria a Nord dell'Istmo di Catanzaro.

Il territorio con paesi immuni nella Calabria settentrionale è molto più esteso; ma non conoscendolo di mio, seguirò il Cortese senza tentare di spiegare le ragioni della immunità. Ecco l'estensione di quel territorio:

I. Nel versante orientale Jonio le pendici gneissiche compatte della Sila e le sue immediate adiacenze sembrano formare un'ampia isola abbastanza immune. Questa si estende a Sud fino a Petronà, che trovasi sui micaschisti, non lungi dagli *Gneiss*. Ad Est comprende Pagliarelle, Cotronei, Caccuri, Cerenzia, Mandatoriccio, Carelli, S. Giovanni in Fiore, Casino, Savelli che posano sullo *Gneiss* direttamente, ovvero, i primi cinque, con intermezzo di pochi strati attribuiti ad arenaria miocenica; Bocchigliero sul calcare liassico; Belvedere, più esterno verso il mare, che sta sopra sabbie, probabilmente postplioceniche; Campana, Pietrapaola sul miocene. A Nord l'isola immune comprende tutta l'estremità che trovasi sul Crati a settentrione di una linea tra Rossano e Bisignano, estremi non immuni. Ad ovest verso la valle del Crati solo Acri sul Granito e Luzzi sulla sabbia postpliocenica, sono relativamente immuni dalla mortalità; gli altri numerosi paesi lungo la stessa valle fino quasi allo spartiacque del Corace sono fra i più battuti. Ma nel tratto più meridionale tornano immuni Parenti, Colosimi, Bianchi, Soveria, Colla, Panettieri, Decollatura, Carlopoli, Platania, Cicala e loro borghi, situati sopra schisti cristallini.

Immuni risultano pure i miserabili casali situati sullo *Gneiss* in mezzo alla Sila.

II. Una seconda zona d'immunità, sebbene pur soggetta a leggeri terremoti, parallela ed esterna alla Sila, è separata da questa da una zona di lieve mortalità costeggiante all'ingrosso il confine dei terreni terziarî da quelli cristallini. Essa costeggia il mare Jonio da Cotrone a Cariati, e, oltre a queste località, comprende Strongoli, Cirò, città o paesi situati sul Postpliocene; Nicola dell'Alto, Melissa, Pallagorio, Carfizzi, Umbriatico, Crùcoli, Terravecchia, situati sul Miocene.

III. Passando alla Catena littorale o del M. Cocuzzo, nel lato orientale verso la valle del Crati, la zona più pericolosa continua della parte alta cioè del Vallo Cosentino, cessa a Nord di una linea fra Rende e Rose. Seguitano a Nord alcune isole pericolose fino a San Marco Argentano e Bisignano; ma al di qua si mostrano immuni S. Vincenzo, S. Benedetto, Lattarico sul Miocene, Rota Greca e S. Martino sugli schisti cristallini, Mongrassano, Cerzeto, Torano, Cervicati sul Pliocene o Postpliocene.

IV. Nel lato occidentale, sul Tirreno, nella sua parte meridionale S. Mango d'Aquino sugli schisti cristallini forma una piccola isola che sembra siasi finora serbata senza mortalità.

V. Andando verso settentrione, nel versante marittimo, la zona pericolosa cessa prima che non nel versante del Crati. Il centro del capoluogo di Lago, sul cristallino: Ferrati, Domànico che però trovasi nel versante del Crati, ambedue questi sul Miocene, trovansi già oltre il confine della zona di mortalità, e questa sèguita omai non interrotta, lungo il littorale a Nord di Belmonte, lasciando fuori come isolette, con scarsa mortalità, Fiumefreddo e S. Lucido.

Oltre queste zone di non mortalità, negli ultimi tre secoli, altre ve ne sono nelle quali la mortalità fu minima. Queste sono le parti centrali della Serra San Bruno coi paesi di Fabrizia, Mongiana, Serra S. Bruno, Spadola, Brognaturo, Simbario, Torre di Ruggero, ai quali si potrebbero aggiungere Arena sul pendìo esterno Tirrenico, e i dintorni del Capo Staletti sull' Jonio, tutti situati sopra la roccia cristallina più antica. In pari modo relativamente meno danneggiati sono tutto il littorale Jonio della Sila, salvo i dintorni di Rossano, e le isole di mortalità della Catena littorale tirrena a nord della regione sismica di Rende e Rose sul Crati, di Belmonte Calabro sul mare.

Delle tre capitali di provincia, Catanzaro è sul confine di parecchie zone sismiche, ma sta sopra salda roccia e la mortalità vi fu sempre molto inferiore a quella delle altre due città. Cosenza è la più battuta dai terremoti: ma questi non vi hanno causato la mortalità che in una volta sola, nel 1908, soffrì Reggio. Questa città risente spessissimo leggere scosse: ma rari, sebben terribili, vi furono i terremoti uccisori.

In conclusione le zone di sismicità massima per frequenza e per energia sono allineate lungo il Tirreno rimpetto alle Lipari, a Sud del golfo di Santa Eufemia, cioè in sostanza nella Calabria meridionale, a Sud dell' Istmo di Catanzaro, questo compreso. Sul versante jonio la sismicità è incomparabilmente minore e specialmente per la Calabria meridionale, salvo lievi centri assai locali, essa è una ripercussione dei sismi del lato tirreno. L'emergenza e l' irradiamento delle scosse han luogo principalmente dalla regione littorale, dagli *Gneiss* di Palmi e di Monteleone e da schisti cristallini di Nicastro.

Checchè si sia detto, l'accelerazione dei sismi irradianti da queste regioni deve essere stata più volte massima e comparabile a quella dei terremoti Giapponesi. Lo dimostra la distruzione di nobili antichi e saldi edifizî in muratura, distruzione certo più difficile di quella di edifizî in legno là dove è tradizionale il pericolo dei terremoti.

Però la massima dannosità, da non confondere con la massima energia, si verifica in modo principale, ma non esclusivo, sui terreni sabbiosi mobili del Postpliocene o recenti, lungo lo Stretto, nella Piana e nella Valle del Mèsima, appartenenti al versante Tirrenico, e nel popoloso vallo di Cosenza sul versante Jonico a Nord e a Sud della città (Tavole III e IV); ed in questo luogo pure sui terreni cristallini sfatti che avvicinano quelli postpliocenici e che per lungo tempo quindi stettero sotto il livello del mare pliocenico. Poco meno debole è la zona delle sabbie postplioceniche dell' Istmo di Catanzaro. Zona debole è pure quella dei terreni terziarî, sovrapposti al cristallino, della Catena littoranea Tirrena nei dintorni di Amantea e di Martirano. Zona debole, relativamente secondaria, è pur quella dei terreni terziarî nei dintorni di Rossano.

Le dette regioni possono ritenersi come regioni epicentrali principali dei sismi Calabro-Peloritani.

Però, entro i detti limiti, in modo assoluto, niuno dei terreni insieme con le costruzioni sovrastanti, si mostrò mai refrattario alle scosse, e tutti, volta per volta, presentarono uguale suscettibilità di lesioni.

Infatti vediamo colpiti e danneggiati gli *Gneiss*, gli schisti cristallini, i terreni terziarî e quelli postpliocenici e recenti (Tav. II, III, IV).

Palmi, Bagnara, Scilla, situati sullo *Gneiss*, soffrono di tutti i terremoti energici che battono la Calabria meridionale. Così i paesi del Capo Vaticano situati sullo *Gneiss* son lesi quanto quelli posti sul terreno miocenico.

Rocca Angitola, Castelmonardo distrutti, e Filadelfia, Curinga, Maida, sugli schisti cristallini; Nicastro, Feroleto, Gizzeria su schisti antichi, furono varie volte distrutti o gravemente lesi come altri paesi vicini situati sul Terziario. Così S. Stefano, Mangone, Cellara, Figline, Aprigliano, Pietrafitta, Trenta, Spezzano, Celico, Rovito, Lappano, S. Pietro, situati sugli schisti cristallini nel Vallo di Cosenza.

Il terremoto del 27 marzo 1638, detto « di Nicastro », colpì principalmente terreni cristallini antichi; e quelli del 1659 nella parte settentrionale della Calabria Ultra danneggiarono i terreni antichi poco meno di quelli recenti. Così i terremoti del Cotronese danneggiano paesi situati sopra terreno abbastanza solido miocenico o più antico, quasi quanto gli scarsi paesi situati sopra sabbie sciolte postplioceniche.

Nel terremoto del febbraio 1783, secondo i dati sul numero dei morti che il Mercalli [1] ha desunto dal Vivenzio e dal Grimaldi, Bagnara sullo *Gneiss* ebbe il massimo numero di danni e di morti, dopo Terranova; così S. Giorgio Mo geto sullo *Gneiss* fu tra i più danneggiati, e Acquaro, Cosoleto nella stessa situazione, ebbero più danni che non S. Procopio, Anoja, Sinopoli, Rizziconi, Rosarno e tanti altri paesi vicini, situati sulle sabbie.

Nel terremoto del 1894, che oltrepassò lo schermo stesso dei Monti Peloritani e dell'Aspromonte, ma fu meno energico di quello successivo del 1908, secondo i dati della *Direzione tecnica dei lavori inerenti al terremoto*, la percentuale delle case crollate totalmente rispetto a quelle solo parzialmente crollate, gravemente lesionate o intatte, fu maggiore nei paesi di S. Alessio, Palmi, Acquaro, Roghudi, Scilla, Bagnara situati su terreno cristallino, che non a Campo, Fiumara, Cataforìo, Gallico, Reggio, Salice, Cannitello situati più a ponente sulla sabbia. Solo S. Eufemia e S. Procopio, sulle sabbie, ebbero danni massimi. Anche Laganadi, Melicuccà, Santo Stefano, Africo, sul cristallino, ebbero più danni di Cataforìo, Gallina, Reggio, Salice, Catona, Calanna, Villa San Giovanni, Rosalì, situati più a Ponente sulle sabbie

Nell'ultimo terremoto del 1908, Palmi, Bagnara, Scilla, S. Roberto, S. Stefano, Montebello, situati sopra scisti o filladi cristalline resistenti furono rovinati quanto Reggio, Messina, Gallico, Catona, Villa San Giovanni, situati sopra sabbie od alluvioni.

Il Castello di Scilla, di costruzione in gran parte quasi ciclopica e sopra una roccia apparentemente delle più salde e compatte, crollò, come altri vicini edifizi; e, del resto, era stato danneggiato anche nel 1783. Le case isolate sullo *Gneiss* compatto lungo le pendici fra Cannitello e Bagnara furono rovinate quanto quelle sull'alluvione littorale.

Vi sono dunque regioni immuni: e queste, non solo per la Calabria ma per tutta Italia dovrebbero con nuovi studî essere più nettamente delimitate come si distinsero finora le aree più pericolose; ma in sostanza non esistono terreni immuni. Bensì, quanto è più alto lo schermo delle rocce sedimentarie compatte e distintamente stratificate, tanto meno facile, come si vide, è la propagazione dei terremoti.

[1] Mercalli, *I terremoti della Calabria merid.*, pag. 91.

Qualche osservazione comparativa più esatta si può fare paragonando luoghi immediatamente attigui soggetti ad eguale intensità di scossa.

Narra il Baratta che, pel terremoto dell'8 settembre 1905, a Martirano, « nessuna grave rovina si ebbe a lamentare nel rione mediano che ha le sue case costrutte sul granito », Granito pur designato nella Carta geologica del Cortese, che io, non avendolo visto, credo non sia paragonabile agli *Gneiss* antichi, ma formi filoni nelle Filladi. Invece, « la parte fabbricata sul calcare, sulle molasse, sulla fillade, soggiacque al furore del terremoto » (1).

A Monteleone, il quartiere alto, sullo scisto cristallino, fu sempre meno danneggiato del Rione Forgiari sulle sabbie. Nel terremoto del 1908 ed in quelli precedenti, il quartiere Carbonieri a Palmi, nel quale spuntano grandi massi cristallini in posto, fu alquanto meno danneggiato dei quartieri bassi nei quali il cristallino è più o meno coperto da terra rossa. Lo scisto cristallino del Forte Gonzaga restò quasi immune rispetto al rimanente di Messina situato sull'alluvione delle fiumare o sulla sabbia. Ferrito, sul cristallino, fu meno danneggiato di Cannitello sulla sabbia marina attuale, che gli sta poco lontano. Melicuccà, sullo scisto cristallino e sull'argilla del Miocene, che si trova fra Seminara e San Procopio e che fu assai lesa, sebbene meno di questi due paesi, nel 1894, fu pure nel 1908 assai più risparmiata. Infine, anche Bagnara e Scilla, quantunque si trovassero già sull'orlo della più intensa zona epicentrale dell'ultimo terremoto, da questo furono meno rovinati di Cannitello, Villa San Giovanni, Salice, Campo, Rosalì, Villa San Giuseppe, Fiumara, ecc., che sono su le sabbie.

Notisi, però, che le frazioni di Bagnara furono danneggiate egualmente sia nelle parti costruite sulla sabbia, sia in quelle poste sullo *Gneiss* compatto.

Non cito Acquaro e Cosoleto, pure sul cristallino, perchè sono fuori della detta zona epicentrale del 1908.

Invece le sabbie sciolte furono sempre le più danneggiate, come si può osservare comparando le rovine di S. Eufemia, S. Procopio, Salice, Campo, Fiumara, Villa S. Giuseppe, Cataforio, Vito con Reggio, Scilla, Bagnara, Melicuccà, ecc., ed il Borgo Acqua del Conte, sebbene qui le case fossero discrete ed isolate, con Messina. (Tav. IV),

Ritengo, perciò, che rispetto alla suscettibilità di lesione dei terremoti si possano distinguere, nei nostri terreni, due sole graduazioni di più o di meno: cioè da una parte gli *Gneiss*, i micascisti, i conglomerati miocenici compatti, le argille o marne mioceniche o plioceniche, e finalmente, con le riserve che dissi a suo luogo, le alluvioni dei fiumi e torrenti, tanto meno lese quanto più grossolane, e la spiaggia sabbiosa marina attuale s lvo, per questa, i danni dei maremoti; dall'altra le sabbie sciolte postplioceniche, franose e labili, specialmente nei pendii verso il mare o sui torrenti e i terreni di riporto artificiale (Tav. IV). La causa di questa maggiore suscettibilità di lesioni nelle sabbie e negli edifizî costruiti sopra, risiede, come già dissi, nella natura delle medesime.

Questa assai maggiore suscettibilità di danni nei terreni sciolti che non in quelli compatti sotto l'azione di un medesimo urto sismico, manifestandosi pur contempo

(1) M. Baratta, *Le nuove costruzioni in Calabria dopo il disastroso terremoto dell'8 settembre 1905* (Boll. Soc. Sism. ital., vol. XII, Modena 1908), pag. 33.

raneamente in luoghi diversi, secondo la costituzione geologica, ha fatto credere inesattamente talora all'esistenza di terremoti *policentrici*, cioè unici o contemporanei, ma aventi epicentri diversi. Per eguale cagione il Baratta distingue pei terremoti calabresi delle radiali o allineamenti sismici in qualche parte artificiosi, i quali hanno spiegazione nella distribuzione topografica dei terreni. Da molti si ritiene che il confine di terreni diversi sia il più pericoloso per le costruzioni adiacenti. Questa opinione, oggi universalmente ammessa, fu proposta, credo, dal Dolomieu e dal dottor Gaspero Sella nel 1783, poi generalizzata dal Mallet e dagli altri, appunto fondandosi e partendosi dai terremoti di Calabria di quell'anno. Dice il Mallet, adducendo un concetto fisico teoricamente esatto, che presso il confine di due terreni dotati di elasticità diversa, e perciò di diversa velocità di propagazione degli urti sismici, il dissincronismo delle oscillazioni, le riflessioni, le interferenze, il rinsacco d'onda appariscono più notevoli: quindi maggiori e più sicuri sono i danni.

È da ripetere, che le Calabrie sono costituite dalle ampie depressioni situate lungo lo Stretto dirimpetto alla provincia di Messina, nella Piana, nella Valle del Mèsina, nell'Istmo di Catanzaro, nella Valle del Crati. Queste depressioni pianeggianti, salvo la prima che dà sul mare, sono riempite dalle più volte ricordate sabbie sciolte postplioceniche, all'intorno delle quali si innalzano con rapido, e talora ripidissimo pendìo, le rocce cristalline che formano l'ossatura delle montagne. Ora in quelle depressioni si sono stabiliti quasi tutti i principali paesi del versante Tirreno e della Valle del Crati, salvo alcuni situati più in alto sugli altipiani del Capo Vaticano e della Serra San Bruno, o nel fondo di alcune valli che finiscono allo Stretto. Ma poichè nelle più depresse e più basse parti delle suaccennate conche i paesi non avrebbero potuto stare, causa le piene delle fiumare, gli stagni e la malaria, così essi sono annidati nelle parti più alte delle medesime, a pie' delle pendici di roccia cristallina, a confine colle medesime, in luoghi dove il suolo è pianeggiante, dove facilmente potevano trovare acqua sgorgante dalle vive fonti o proveniente dalla montagna, e donde, nello stesso tempo, gli abitatori avrebbero potuto meglio attendere ai loro boschi ed ai loro terreni comunali o privati situati a striscia lungo il pendìo montuoso. Fu dunque una fondamentale ragione antropogeografica che ha obbligato le costruzioni di quasi tutti i paesi delle suddette regioni ad annidarsi sulla sabbia postpliocenica e sul confine col terreno cristallino.

Secondo un giudizioso lavoro del prof. Maranelli (1) sulla Calabria meridionale, nel versante dell'Aspromonte sullo Stretto, secondo il censimento del 1881, 72,866 abitanti risiedevano nella zona altimetrica inferiore a 300 m.; 17,917 fra 300 e 700 m., non oltre, sebbene la regione arrivi a 1958 m. nel Montalto. Nel versante nord-ovest dell'Aspromonte, cioè nella parte meridionale della Piana, 31,812 abitanti stanno sotto 300 m.; 25,967 fra 300 e 600 m. non oltre. La distribuzione dei paesi sul confine fra la depressione postpliocenica ed il monte è, se possibile, ancor più evidente nella parte settentrionale della Piana e nella Valle del Mèsima appartenente alla provincia di Catanzaro, dove però pur sono abitati gli altipiani di roccia antica della Serra e del Capo Vaticano con la sua periferia.

(1) C. Maranelli, *La distribuzione della popolazione nel gruppo dell'Aspromonte*. Roma, Mariani 1901.

Secondo il censimento del 1901, la distribuzione della popolazione presente al di sotto e al di sopra della quota di m. 500 (Tav. IV), nei diversi circondarî delle tre provincie calabresi, è la seguente:

Provincie	Circondarii	Totale presente	Sopra 500 m.	Sotto 500 m.	Percentuale sotto 500 m.
Reggio (428,714)	Reggio . . .	153,895	27,027	126,868	79 %
	Palmi . . .	142,935	13,040	129,895	89
	Gerace . . .	131,884	2.318	129,566	98
Catanzaro (476,227)	Catanzaro . .	147,671	31,530	116,141	78
	Monteleone. .	142,245	33,438	108,807	76
	Nicastro. . .	108,717	48,860	59,857	57
	Cotrone . . .	77,594	19,594	58,000	74
Cosenza (465,267)	Cosenza. . .	193,039	114,562	78,477	40
	Rossano. . .	61,351	16,401	44.950	74
	Paola. . . .	99,573	12,001	87,572	88
	Castrovillari (1)	111,304	39,658	71,646	64

Ora viene di conseguenza che se i terremoti hanno leso e rovinato i paesi situati sui terreni recenti attorno all'Aspromonte e altrove nel versante Tirreno e nella Valle del Crati, e li hanno lesi presso al confine con le rocce cristalline, si è perchè non ve ne erano altri nel Reggiano e nella Piana, e perchè quelli erano e sono i terreni preferibilmente abitati altrove. Qui prescindiamo ora dal versante Jonio dove i terreni sono diversi e dove le scosse si sono sempre fatte sentire con minori intensità.

Considerando poi che il terreno cristallino, come già abbiamo detto, si è sempre mostrato alquanto più resistente del terreno sabbioso postpliocenico, la legge del Mallet e degli altri, invece di essere proponibile per tutti i terreni al reciproco confine, avrebbe dovuto limitarsi ad affermare la maggior suscettibilità di lesioni nel terreno sabbioso a contatto col terreno cristallino, escludendo la circostanza inversa. Or bene, esaminando in modo speciale le costruzioni situate sul confine o presso il confine fra due terreni diversi, osservai quanto segue: a Bagnara ho seguìto il confine fra la roccia cristallina e i conoidi della Cóvola e del Canalello, e fra questo ultimo conoide e l'alluvione più sottile del piano: varie case sono costruite fra le due rocce sulla Cóvola. Ho seguìto il confine fra sabbia postpliocenica e *Gneiss* a Sansone e Ceramida; lo ho esaminato attentamente a Palmi fra la terra rossa superficiale e lo spuntare dello scisto cristallino del quartiere Carbonieri, dove pure alcune case sono situate su ambedue le rocce; fra la marna miocenica o pliocenica e lo *Gneiss* a Melicuccà; fra lo scisto cristallino del Forte Gonzaga ed il Miocene del Borgo Piselli da una parte, e l'alluvione del piano o della fiumara Zaera dall'altra. Non ho mai potuto accorgermi di lesioni maggiori delle altre locali, nemmeno a qualche distanza dal confine; anzi, il più delle volte ho veduto il contrario. La roccia solida vicina o sottostante e la non grande copertura della roccia friabile sovrastante hanno tutelato in certo modo gli edifizî. È possibile, come dissi, che i paesi del Paradiso e di Contemplazione sulla sabbia del littorale messinese sieno stati difesi dalle marne bianche vicine abbastanza stabili.

A Bagnara, in strada Mercati, le case situate alla base del colle gneissico al contatto con l'alluvione marina e fluviale della spiaggia furono relativamente meno

(1) Già fuori dell'area macrosismica.

danneggiate; pure a Bagnara vidi case fondate sull'alluvione col tergo addossato allo *Gneiss* poco lese rispetto alle altre, e di simili ne vidi a Pellegrina fondate e addossate sulla sabbia: in questo caso il banco di sabbia e la casa si ressero reciprocamente.

Come argomento contrario si potrebbe accennare il Borgo Acqua del Conte fondato sur una falda di sabbia addossata al micascisto che fu fra i tratti più rovinati dal terremoto del 1908 a Messina. Ma pur prescindendo dai danni verificati anche sul contiguo micaschisto, le rovine colà si debbono alla sabbia ed al ripido pendìo e, come a Vito sulla fiumara dell'Annunziata ed in altre frazioni di Reggio, come a Villa San Giuseppe, si sarebbero verificati (e infatti si verificarono) in pari modo se il pendìo fosse stato intagliato in una massa di sabbia estesa e continua senza substrati e senza sovrapposizione a roccia diversa.

È però da notare che le differenze di elasticità fra rocce contigue non si manifestano mai in modo sensibile, perchè di rado fra tali rocce si verifica sulla superficie uno stacco netto ed assoluto, ma vi è come un passaggio graduale o per miscela superficialmente avvenuta, o per graduale e limitata sovrapposizione della roccia più recente sull'altra, o per varia disgregazione propagatasi a questa.

Certo, per i luoghi da me osservati il consiglio di non costruire sul confine o presso il confine tra due rocce diverse è inutile, anzi inopportuno, specialmente se non si tratti di sabbie.

Partendo da altri preconcetti, pur solamente teorici, si sono spesso fatte le più svariate supposizioni sull'andamento dei terremoti calabresi alla superficie.

Dopo il terremoto del 1783 si è ritenuto, come altrove, che le vibrazioni sismiche emergessero sempre secondo alcune determinate direzioni e, come già da molto tempo avevano suggerito il Bertrand, il Gentile ne' suoi *Viaggi*, ed altri, si consigliò di orientare le case in diagonale, cioè in modo che le cantonate sieno opposte alla direzione che si suppone dominante nelle vibrazioni. Reggio, Catona, Villa S. Giovanni, Cannitello, Scilla, Bagnara bassa, come in generale quasi tutti i paesi di spiaggia, avevano le strade ed i muri maestri degli edificî paralleli o normali alla spiaggia; e così, dentro terra, Cosoleto, Lubrichi, S. Procopio, Anoja, Laureana, ecc.; Messina bassa pure; mentre Messina alta li aveva con tutte le possibili direzioni. A Santa Eufemia, Sinopoli superiore in massima parte, Acquaro, Sitizzano in massima parte, Scido, Paracorio, Castellace, Sant'Anna, Palmi, Seminara, Cittanuova, Polistena, Cinquefrondi, Giffone, ecc., le costruzioni presentano le diagonali normali alla direzione della spiaggia; quindi le strade, regolarmente intersecantisi, furono espressamente orientate obliquamente a questa. Furono in ciò scrupolosamente seguìti i consigli degli scienziati; ma, i fatti, han provato, senza efficacia alcuna; dacchè Sant'Eufemia, Seminara, Sinopoli, Palmi, Castellace furono tra i paesi più rovinati nel 1894 e nel 1908. Infatti, prescindendo dalla difficoltà, o impossibilità, di determinare e di prevedere ad ogni terremoto la direzione delle scosse, queste emergono secondo ogni possibile azimut.

In alcune recenti pubblicazioni ho letto che alcuni danni del terremoto del 1908 potrebbero spiegarsi, come già vanamente era stato tentato per il terremoto di Lisbona, con la supposizione di ventri e di nodi formati a similitudine di quelli che si originano sur una lamina vibrante orizzontale e fissata fortemente in un punto,

coperta di fine materie mobili. Teoricamente, ciò è possibile; ma non mi sembra in pari modo possibile trovarne la verificazione nella pratica. Il paragone fra le sabbie sciolte postplioceniche, od attuali, e la materia mobile sovrapposta alla lamina, potrebbe anche reggere; però quelle sabbie non hanno omogeneità in senso orizzontale nè in senso verticale: hanno altezze variabili da un punto all'altro, e, da un tratto all'altro, coerenza diversa. Assai meno regge il paragone fra la supposta lamina vibrante e le rocce, specialmente quelle cristalline, che reggono le sabbie. Le superfici di contatto sono irregolarissime; l'elasticità di quelle rocce superficiali è variabilissima da un punto all'altro, e per natura intima degli strati e perchè essi sono diritti, o variabilmente inclinati e scontorti, pur prescindendo dalle variazioni della superficie e dalle vibrazioni che variano per origine, per molteplici direzioni e per energia, da un terremoto all'altro. Per conseguenza i nodi e i ventri che eventualmente si formano, sono innumerevoli e indefinibili; sicchè, a meno forse di casi veramente eccezionali, non parmi possibile il determinarli *a priori* nè manco riconoscerli *a posteriori*. Forse si potranno verificare in qualche caso sui terreni di scarico sciolti e non assettati che occupano estensioni limitate e che sovente hanno altezza uniforme e sono adagiati sopra un precedente piano orizzontale.

A questo proposito è opportuno ricordare e ripetere che tanto nel disastroso terremoto del 1783, quanto in quelli successivi, i maggiori danni delle costruzioni fatte sulla sabbia si ebbero non già dove la sabbia formava veli sottili, ma là dove i suoi strati erano più ampli e più alti. Nelle regioni sabbiose più volte mentovate, quegli strati sono così alti e così profondi che in niuna delle parti più depresse delle medesime comparisce al fondo il solido suolo cristallino.

Un indirizzo più efficace alle future ricerche sismologiche è forse possibile darlo verso altra mèta, moltiplicando assai il numero dei sismometri forniti di smorzamento comparabili fra loro da applicarsi anche solo per tempi limitati in località circoscritte e affidandoli solo a persone accurate e sperimentate per verificare i rispettivi ritmi di oscillazione. Come i muri di una casa sotto gl'impulsi più svariati vibrano solo con ritmo loro proprio ed oscillano normalmente al piano di minima resistenza, cioè alla superficie loro, così le strette e lunghe colline superficialmente pianeggianti della Piana, del Mèsima, del Catanzarese, del Crati, e di altre consimili regioni, profondamente solcate ed intagliate da torrenti e da fiumare più o meno parallele o gradatamente convergenti, sono chiaramente paragonabili a basse ma lunghe muraglie diroccate le quali sotto gl'impulsi sismici manifestino periodi di vibrazioni loro proprî ed oscillino, secondo i piani di minima resistenza, normalmente ai fianchi ed ai dirupi che scoscendono alle fiumare.

LA REGIONE CALABRO-PELORITANA ALLA FINE DEL PLIOCENE

ALL' INIZIO DELLE ERUZIONI VULCANICHE

Terraferma.

Superficie coperta dal mare.

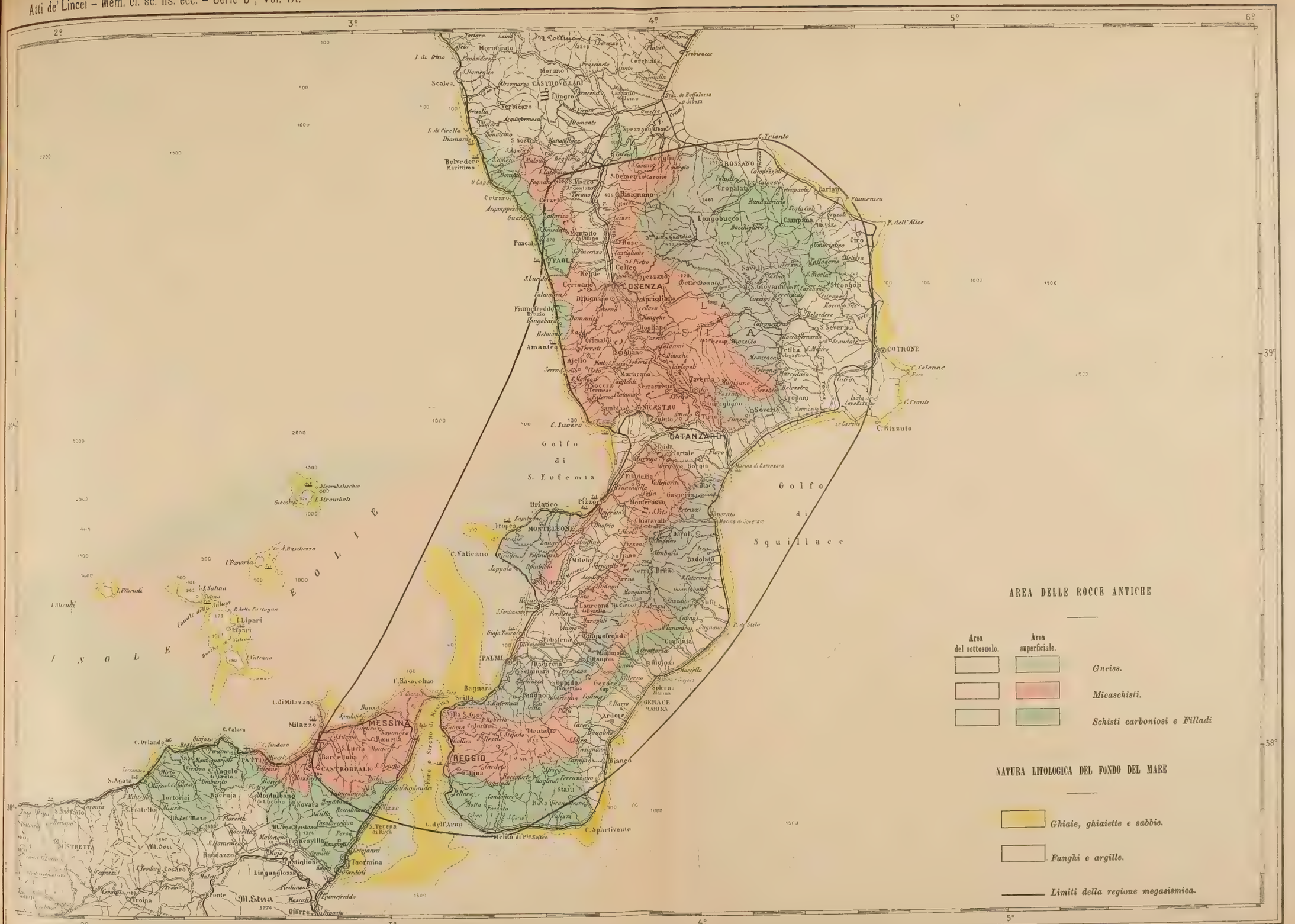
Isobate del mare e cifre relative.

Superficie presumibilmente ricoperta dai materiali vulcanici delle Lipari.

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (STAMPA 1912)

Scala di 1 : 1 000 000

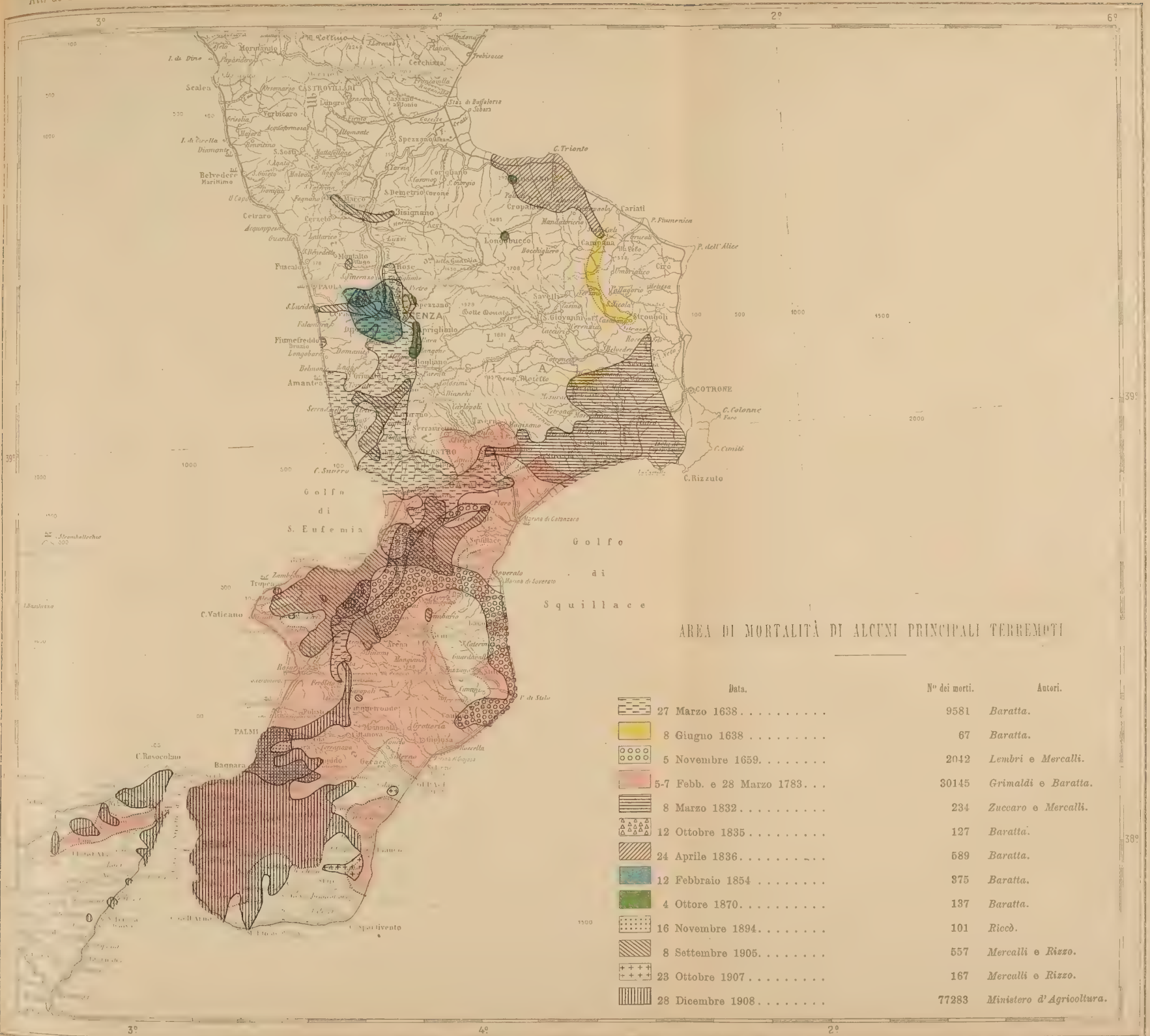
RIPRODUZIONE VIETATA (Legge 19 Sett. 1882, N° 1012)



Istituto geografico militare (Stampa 1912)

Riproduzione vietata (Legge 19 Sett. 1882. N° 1012)

Milazzo
Novara
Frazzanò
Tripi
Alcara



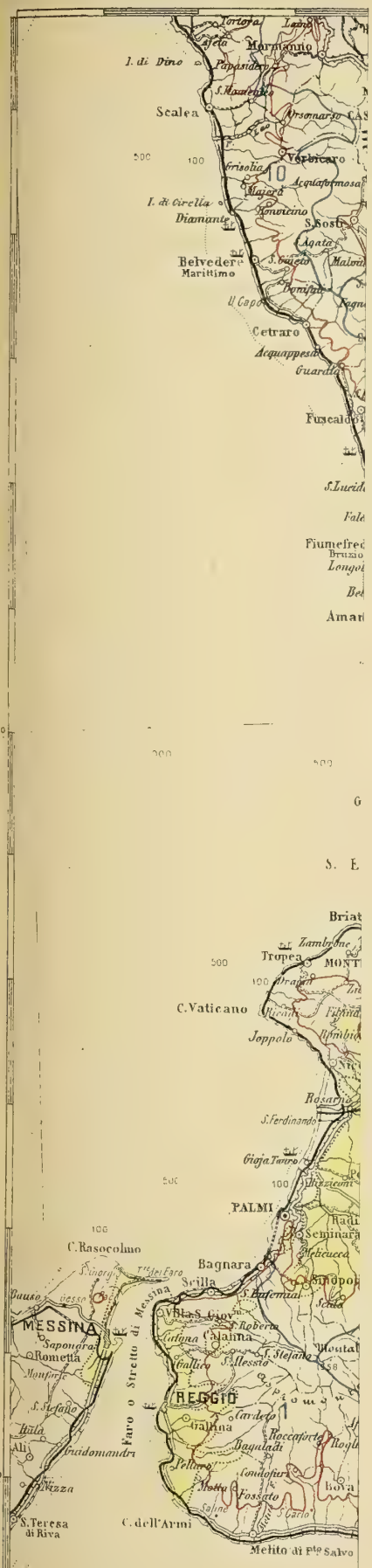
AREA DI MORTALITÀ DI ALCUNI PRINCIPALI TERREMOTI

Data.	N° dei morti.	Autori.
27 Marzo 1638	9581	*Baratta.*
8 Giugno 1638	67	*Baratta.*
5 Novembre 1659.	2042	*Lembri* e *Mercalli.*
5-7 Febb. e 28 Marzo 1783. . .	30145	*Grimaldi* e *Baratta.*
8 Marzo 1832.	234	*Zuccaro* e *Mercalli.*
12 Ottobre 1835	127	*Baratta.*
24 Aprile 1836.	589	*Baratta.*
12 Febbraio 1854	375	*Baratta.*
4 Ottore 1870.	137	*Baratta.*
16 Novembre 1894.	101	*Riccò.*
8 Settembre 1905.	557	*Mercalli* e *Rizzo.*
23 Ottobre 1907	167	*Mercalli* e *Rizzo.*
28 Dicembre 1908.	77283	*Ministero d'Agricoltura.*

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (STAMPA 1912)

Scala di 1 : 1 000 000

RIPRODUZIONE VIETATA (Legge 19 Sett. 1882, N° 1012)


Tortora
Marmorito
Scalea
Verbicaro
Belvedere Marittimo
Cetraro
Fuscaldo
Amantea
Tropea
C. Vaticano
Joppolo
Rosarno
Gioja Tauro
PALMI
C. Rasocolmo
Bagnara
Scilla
MESSINA
Faro o Stretto di Messina
Reggio
Melito di P.te Salvo
S. Teresa di Riva
C. dell'Armi
39°
38°
3°

Istituto geografico militare (Stampa 1912)

Scala di 1 : 1 000 000

Riproduzione vietata (Legge 19 Sett. 1882, N° 1012)

RELAZIONE

letta dal Corrisp. V. Reina, a nome anche del Corrisp. G. Fantoli (relatore), nella seduta del 1° dicembre 1912, sulla Memoria dell'ing. L. Allievi, intitolata: *Teoria del Colpo d'ariete.*

La Memoria deve essere riguardata come una esposizione preliminare generale di metodo nello studio del fenomeno idrodinamico detto *Colpo d'ariete.* L'A. riassume anzitutto i risultati di una sua Memoria del dicembre 1902, magistrale e notissimo lavoro ch'ebbe anche il pregio di ravvivare le ricerche scientifiche e sperimentali sulla importante questione e, indirettamente, di far meglio note nella letteratura tecnica alcune preziose indagini precedenti, tra le quali è dovere di ricordare, sia per l'alto valore di priorità, sia per la originale trattazione, quelle di Joukowsky, già professore all'Università di Mosca (1898) (1).

Le nuove ricerche dell'Allievi intendono ad una investigazione più generale dei fenomeni di moto perturbato dell'acqua nei tubi in pressione: desse partono dai risultati fondamentali più noti, e con ingegnosi adattamenti sui valori relativi delle incognite, sulla scelta delle stesse e dell'unità di tempo, concludono a relazioni e metodi di singolare semplicità ed eleganza. Tali fecondi adattamenti costituiscono pertanto il carattere peculiare, personale delle presenti ricerche.

Nelle quali viene dedotto in primo luogo il termine generale della *serie concatenata* che regge i fenomeni idrodinamici in una tubazione alimentata da serbatoio a livello costante e munita di *intercettatore* al suo estremo. Figura entro la detta serie la *caratteristica* della tubazione, cioè la prima delle due sole quantità da cui l'A. fa poi dipendere l'andamento del fenomeno considerato.

Ed è a ragione detta quantità designata come *caratteristica*, poichè in essa si compenetrano tutti gli elementi che individuano la tubazione a regime: l'altezza di carico, la velocità media, e il diametro, lo spessore, l'elasticità del tubo. La Memoria chiarisce il significato dinamico dell'anzidetto elemento sintetico ed investiga i limiti di escursione dello stesso parametro nelle applicazioni concrete.

(1) Vedi ad es. Goupil, Annales des Ponts et Chaussées, 1907, I.

Dobbiamo notare al riguardo come le precedenti ricerche dell' Allievi e le presenti, contengano esplicitamente dichiarate od implicite, diverse ipotesi le quali si attengono:

— all'ammessa uniformità della velocità in un tronco elementare trasversale della colonna liquida, punto questo considerato poi da importanti indagini del Boussinesq che tengono conto della distribuzione reale delle velocità nella sezione trasversale del condotto e della eventuale non trascurabilità dello spessore del tubo (1);

— alla indipendenza relativa degli anelli circolari contigui del tubo;

— alle resistenze d'attrito, non messe in conto;

— alla supposta costanza del diametro e dello spessore della tubazione.

Sopra quest' ultimo argomento, e per quanto riguarda proprio le tubazioni a spessore variabile più interessanti nella pratica, l' A. espone qualche norma ed osservazione, con riserva di tornare poi sul punto specifico, onde stimare per approssimazione un valor medio d'equivalenza della velocità di propagazione a.

Nel séguito la Memoria investiga l'andamento nelle variazioni del carico in corrispondenza agli istanti di *ritmo intero* $\mu \,.\, 2\mu \,, 3\mu \,, \ldots\ldots$ dove $\mu = \frac{2L}{a}$, e dimostra che in generale dalla serie dei carichi inerenti si può dedurre la sufficiente cognizione dello svolgimento del fenomeno di colpo d'ariete per una data manovra dell' intercettatore.

Ridotto poi il fenomeno stesso alla considerazione di due parametri funzionali, la caratteristica della tubazione e l' indice della velocità di manovra, soccorrono nella applicazione le rappresentazioni cartesiane dei parametri stessi, le *sinossi cartesiane della tubazione* come le indica l' A.: l'eloquente significativa interpretazione è avvalorata da facili metodi di calcolazione grafica (diagramma circolare delle serie concatenate).

Nell' ultimo paragrafo l' A. delinea l'ordine delle ulteriori ricerhe che egli si propone di compiere, precisandone metodo e campo.

L' introduzione a tali ricerche viene quindi ad essere costituita dalla Memoria presente: la quale è bastevolmente suggestiva per far vivamente desiderare vicino lo svolgimento graduale che l' Allievi si propone, così che la collana di ricerche di cui questa è il primo anello, abbia a segnare una nuova data ricordevole nella storia degli studî sul colpo d'ariete, storia già fregiata da due altri chiari nomi italiani, quelli del Menabrea e del Castigliano.

La Commissione ha quindi l'onore di proporre la pubblicazione integrale dello scritto dell' ing. Lorenzo Allievi nelle Memorie dell' Accademia.

(1) Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure, T. XXI, 1905.

Teoria del colpo d'ariete.

Nota I. - *Esposizione generale del metodo.*

Memoria dell' ing. LORENZO ALLIEVI

(con due tavole)

---

§ 1.

Generalità sul moto perturbato.

Io ho dato in una precedente Memoria (V. Atti dei Collegi degli Ingegneri di Milano, Roma, Torino 1903 e dell'A. E. I. 1903) della quale in generale manterrò le notazioni, le formole generali che governano le leggi del moto perturbato (moto non permanente) dell'acqua nei tubi in pressione.

Io ho anzitutto dimostrato che le variazioni di pressione si propagano lungo il tubo con una velocità a che è funzione dei moduli di elasticità E, ε del tubo e del liquido (densità ω) nonchè del rapporto fra il diametro D e lo spessore e del tubo stesso secondo la formola:

$$(1) \qquad \frac{1}{a^2} = \frac{\omega}{g}\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{E} \cdot \frac{D}{e}\right)$$

che per acqua in tubi metallici (essendo $\omega = 1000$, $\varepsilon = 2{,}07.10^8$) dà:

$$(1)^{bis} \qquad a = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + kD : e}}$$

essendo: $k = 0{,}5$ per ferro ed acciaio, $k = 1$ per ghisa; ed ho osservato che il valore numerico di a si aggira fra un minimo di 6-700 m. al 1″ per tubi di piccolo spessore e grande diametro, ed un massimo di 1200-1300 m. al 1″ per tubi di forte spessore e piccolo diametro.

Ho anche dimostrato che l'altezza di carico variabile y (espressa in m. d'acqua) e la velocità di flusso v in una sezione qualunque di ascissa x di una tubazione funzionante in regime perturbato, sono espresse dalle: (1)

$$(2) \qquad \begin{aligned} y &= y_0 + \mathrm{F} + f \\ v &= v_0 - \frac{g}{a}(\mathrm{F} - f) \end{aligned}$$

nelle quali F ed f designano altezze di carico variabili espresse da funzioni della forma:

$$\mathrm{F}\left(t - \frac{x}{a}\right) \quad \text{e} \quad f\left(t + \frac{x}{a}\right) \quad \text{rispettivamente}$$

essendo le x contate in senso contrario a v; e cioè F rappresenta un carico variabile (positivo o negativo) propagantesi nel senso $+x$ con velocità a, e parimenti f rappresenta un carico variabile propagantesi nel senso $-x$ colla stessa velocità a. Ed infatti la F diventa una quantità costante quando si ponga

$$x = at + \text{cost.}$$

(come apparirebbe ad un osservatore che corra lungo il tubo colla velocità a nel senso $+x$) e parimenti f diventa una quantità costante quando si ponga:

$$x = -at + \text{cost.}$$

Io ho inoltre dimostrato nella citata Memoria come le equazioni (2) insieme alle condizioni ai limiti possano servire a determinare i valori di F ed f in ogni istante e per qualsiasi sezione del tubo, e ad investigare così i valori numerici dei fenomeni di moto perturbato in ogni singolo caso (2).

Considerando una tubazione di lunghezza L munita alla sua estremità inferiore (origine delle ascisse x) di un intercettatore che può variare l'efflusso, e comunicante alla sua estremità superiore con un serbatoio alimentatore a livello costante, io ho nella citata Memoria dimostrato che per ogni sezione della tubazione, la funzione f ha in un dato istante valore uguale e di segno contrario a quello che la funzione F vi aveva in un istante che precede l'istante considerato di un intervallo di tempo eguale a

$$2(\mathrm{L} - x) : a$$

e cioè dell'intervallo di tempo necessario a percorrere due volte con velocità a il

(1) In disformità alle notazioni della precedente Memoria, ho preferito non fare alcuna ipotesi limitativa sul segno delle F ed f e quindi ho dato a f lo stesso segno di F nella 1ª (2) e segno contrario nella 2ª (2).

(2) Ed è qui non inopportuno osservare che supponendo acquisita, come fatto di esperienza, la legge di propagazione dei carichi variabili con velocità costante a, la 2ª (2) può stabilirsi direttamente applicando i principî generali della dinamica al movimento di una falda fluida di spessore $\partial x = a\,\partial t$.

tratto di tubazione che intercede fra la sezione considerata ed il serbatoio alimentatore. Si ha cioè

$$(3) \qquad f\left(t+\frac{x}{a}\right)=-\mathrm{F}\left(t-\frac{x}{a}-\frac{2(\mathrm{L}-x)}{a}\right)=-\mathrm{F}\left(t+\frac{x}{a}-\frac{2\mathrm{L}}{a}\right)$$

ed il fenomeno si svolge come se ogni soprapressione F propagantesi dall'intercettatore verso il serbatoio (senso $+x$) venisse da questo riflessa con segno negativo (depressione) e rinviata verso l'intercettatore (senso $-x$).

Dai precedenti enunciati delle leggi generali del moto perturbato in una simile tubazione, nella quale le perturbazioni sono esclusivamente prodotte da manovre dell'intercettatore, risulta evidente che le leggi numeriche di una perturbazione dovuta a una data manovra dell'intercettatore, saranno interamente note per qualsiasi sezione del tubo quando esse siano note per la sezione di ascissa $x=0$ adiacente all'intercettatore per la quale l'antecedente diventa:

$$(3^{bis}) \qquad f(t)=-\mathrm{F}\left(t-\frac{2\mathrm{L}}{a}\right).$$

Io ho nella citata Memoria dimostrato come sia facile, mediante la equazione di efflusso (che stabilisce una ulteriore relazione fra l'altezza di carico e la velocità di flusso nel tubo), determinare delle serie di valori numerici di F relativi ad istanti che differiscono dall'intervallo di tempo $2\mathrm{L}:a$, ciascuno dei quali dà il valore di f riferentesi all'istante successivo, onde si hanno senz'altro i valori del carico e della velocità negli istanti considerati; ed ho esemplificato il metodo con applicazioni numeriche.

Ho anche designato l'intervallo di tempo $2\mathrm{L}:a$, che indicherò in seguito col simbolo μ, *come durata di fase*, rilevando come, a partire dall'inizio della manovra dell'intercettatore, la funzione f sia nulla durante un periodo di tempo μ (fase di colpo diretto) per ciascun istante t_1, del quale l'equazione di efflusso fornisce senz'altro il primo termine F_1, della serie di valori $\mathrm{F}_1\ \mathrm{F}_2\ \mathrm{F}_3$ ecc. che si verificano negli istanti

$$t_1 \quad t_1+\mu \quad t_1+2\mu \quad t_1+3\mu \quad \text{ecc.}$$

ciascuno dei quali, come osservai, dà il valore di f riferentesi all'istante successivo.

Questa designazione di durata di fase per l'intervallo di tempo $\mu=2\mathrm{L}:a$ è tanto più acconcia in quanto è facile dimostrare (v. § 4) che durante il regime perturbato, per effetto di una manovra dell'intercettatore eseguita con velocità continua, si ha negli istanti

$$t=\mu \quad t=2\mu \quad t=3\mu \quad \text{ecc.}$$

discontinuità nella legge di variazione del carico, il cui diagramma si presenta come una spezzata mistilinea avente i vertici in corrispondenza agli istanti accennati.

Ho anche designato come *fasi di contracolpo* i periodi successivi al primo, di durata μ, durante i quali l'accennato fenomeno di riflessione del carico dal serba-

toio verso l'intercettatore, o fenomeno di contracolpo, dà alla funzione f un valore diverso da zero.

I principî esposti bastano dunque ad investigare *numericamente* i fenomeni di colpo d'ariete nelle accennate condizioni, ed io ne ho fatte nella citata Memoria svariate applicazioni ai casi più frequenti della pratica, come: manovra di chiusura, di apertura, arresto dell'intercettatore chiuso od aperto ecc. Ho anche in qualche caso rilevato quale sia sulla entità numerica dei fenomeni l'influenza delle costanti che definiscono la tubazione (altezza y_0, velocità dell'acqua in regime v_0, velocità di propagazione a) e della velocità di manovra, ma simili investigazioni frammentarie (a prescindere anche da qualche inesattezza che mi riservo di correggere) sono ben lungi dal costituire una « *Teoria del colpo d'ariete* », e sono più che altro applicazioni ed esemplificazioni parziali di quella che io mi sono limitato a designare come Teoria generale del moto perturbato, intuendo vagamente fino da allora che la Teoria del colpo d'ariete doveva essere tutt'altra cosa.

Scopo delle presenti ricerche è appunto la Teoria del colpo d'ariete, e cioè la investigazione delle leggi generali dei fenomeni che si raggruppano sotto questo nome, in tubazioni che collegano un serbatoio a livello costante con un organo erogatore a efflusso variabile e tali leggi ci permetteranno di classificare razionalmente sia i fenomeni stessi, sia le tubazioni in cui essi si verificano.

Tre principî fondamentali caratterizzano il metodo di queste ricerche e le differenziano da ogni altra in argomento e cioè:

1° L'aver contemplato non già i valori assoluti, ma i valori percentuali delle quantità variabili incognite, riferiti ai loro valori iniziali.

2° L'avere scelto come incognita fondamentale non già l'altezza di carico, ma la corrispondente velocità di efflusso, o meglio il valor percentuale della velocità di efflusso (ovvero la radice del valore percentuale dell'altezza di carico).

3° L'avere introdotto come unità di tempo la durata di fase, eliminando così ogni considerazione dipendente dalla lunghezza della conduttura.

Con tali artifici le leggi dei fenomeni di colpo d'ariete si presentano funzioni di due sole quantità delle quali una (designata come caratteristica delle tubazioni e indicata col simbolo ϱ) definisce la tubazione in regime, e l'altra indicata col simbolo θ (v. § 5) definisce la velocità di manovra dell'intercettatore, onde le leggi medesime sono rappresentabili con semplicissime sinossi grafiche di cui ciascuna contempla tutte le possibili tubazioni per tutte le possibili velocità di manovra.

Le molteplici esperienze [1] con le quali, dopo la pubblicazione della mia citata Memoria, fu verificata la assoluta corrispondenza dei fenomeni reali coi risultati delle formole del moto perturbato, conferiscono speciale importanza alle conclusioni delle ricerche che seguono, conclusioni la cui generalità, espressa mediante formoleg o raficismi semplici e sintetici, fornisce precisi e pratici criterî per le applicazioni tecniche.

In tutte le ricerche che seguono presuppongo soltanto che il lettore abbia una chiara conoscenza del significato delle formole (1), (2), (3) dianzi esibite.

[1] Notevoli specialmente le esperienze eseguite dagli ingegneri della Casa Picard Pictet e C. sull'impianto dell'Ackersand intorno alle quali riferì il prof. R. Neeser nel Bulletin technique de la Suisse Romande (gennaio 1910).

§ 2.

Formole fondamentali.

Considerando una manovra dell'intercettatore che a partire da $t = 0$ perturbi lo stato di regime (definito da y_0 e v_0) ed indicando con t_1 un tempo $< \mu$ (il quale individua quindi un istante della 1ª fase o fase di colpo diretto) e distinguendo inoltre cogli indici 1, 2, 3, 4, ecc. i valori delle diverse variabili che si riferiscono agli istanti

$$t_1 \quad t_1 + \mu \quad t_1 + 2\mu \quad t_1 + 3\mu \quad \text{ecc.}$$

cadenti rispettivamente nelle

$$1^a \quad 2^a \quad 3^a \quad 4^a \text{ fase ecc.}$$

si ha dunque, per le formole (2) e (3 ^{bis}), nella sezione adiacente all'intercettatore (per la quale, come nella citata Memoria, adotto lettere maiuscole):

$$\begin{aligned} &Y_1 = y_0 + F_1 && V_1 = v_0 - \frac{g}{a} F_1 \\ (4) \qquad &Y_2 = y_0 + F_2 - F_1 && (5) \quad V_2 = v_0 - \frac{g}{a}(F_1 + F_2) \\ &Y_3 = y_0 + F_3 - F_2 && V_3 = v_0 - \frac{g}{a}(F_2 + F_3) \\ &\cdots\cdots\cdots && \cdots\cdots\cdots \end{aligned}$$

La prima e fondamentale deduzione che si trae dai sistemi (4) e (5) è che una serie di valori del carico ad intervalli di fase, come: $Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4$ ecc. e le serie delle corrispondenti velocità di flusso $V_1 \quad V_2 \quad V_3 \quad V_4$ ecc. costituiscono delle serie *concatenate*, nel senso che detti valori sono esclusivamente determinati, oltre che dalle condizioni iniziali, dalle sole posizioni dell'intercettatore negli istanti

$$t_1 \quad t_1 + \mu \quad t_1 + 2\mu \quad t_1 + 3\mu \quad \text{ecc.}$$

qualunque siano state le sue posizioni e i valori di Y e V negli intervalli fra detti istanti.

La espressione analitica di tale concatenazione in serie si ottiene dalle (4) e (5) eliminando fra esse le F; sommando infatti ciascuna (4) coll'antecedente, e sottraendo ciascuna (5) dall'antecedente, si giunge facilmente al sistema:

$$\begin{aligned} Y_1 - y_0 &= \frac{a}{g}(v_0 - V_1) \\ (6) \qquad Y_1 + Y_2 - 2y_0 &= \frac{a}{g}(V_1 - V_2) \\ Y_2 + Y_3 - 2y_0 &= \frac{a}{g}(V_2 - V_3) \\ \text{ecc.} \qquad & \qquad \text{ecc.} \end{aligned}$$

Indicando ora con ψ il valore numerico del rapporto (variabile) fra la luce di efflusso e la sezione del tubo si avrà:

$$\psi_0 = \frac{v_0}{u_0} \qquad \psi_i = \frac{V_i}{u_i}$$

essendo u_0 ed u_i le velocità di efflusso corrispondenti alle altezze di carico y_0 ed Y_i.

Indicando inoltre con η il rapporto $\psi : \psi_0$ e cioè il grado percentuale (variabile) di apertura dell'intercettatore riferito all'apertura di regime, in modo che:

$$\eta_0 = 1 \qquad \eta_i = \frac{\psi_i}{\psi_0} = \frac{V_i}{u_i} : \frac{v_0}{u_0}$$

procedo a trasformare il sistema (6) sostituendo in esso:

$$y_0 = \frac{u_0^2}{2g} \qquad Y_i = \frac{u_i^2}{2g} \qquad V_i = \eta_i u_i \frac{v_0}{u_0}$$

ed introducendo in esso la notazione fondamentale della caratteristica ϱ accennata nel paragrafo precedente col porre:

$$\varrho = \frac{a v_0}{2g\, y_0} = \frac{a v_0}{u_0^2}$$

Si ottiene così facilmente:

$$\begin{aligned} u_1^2 - u_0^2 &= 2\varrho u_0 (u_0 - \eta_1 u_1) \\ u_1^2 + u_2^2 - 2u_0^2 &= 2\varrho u_0 (\eta_1 u_1 - \eta_2 u_2) \\ u_2^2 + u_3^2 - 2u_0^2 &= 2\varrho u_0 (\eta_2 u_2 - \eta_3 u_3) \\ \text{ecc.} \qquad & \qquad \text{ecc.} \end{aligned} \tag{8}$$

e cioè un sistema di relazioni nel quale figurano come sole incognite le velocità di efflusso.

Ma a conseguire la massima generalità è opportuno, come osservai, assumere quale incognita non già la velocità di efflusso ma il suo valore percentuale riferito al valore iniziale u_0, dividendo le equazioni (8) per u_0^2 e ponendo:

$$\zeta_i = \frac{u_i}{u_0}.$$

Si ottiene così dalle (8):

$$\begin{aligned} \zeta_1^2 - 1 &= 2\varrho (1 - \eta_1 \zeta_1) \\ \zeta_1^2 + \zeta_2^2 - 2 &= 2\varrho (\eta_1 \zeta_1 - \eta_2 \zeta_2) \\ \zeta_2^2 + \zeta_3^2 - 2 &= 2\varrho (\eta_2 \zeta_2 - \eta_3 \zeta_3) \\ \text{ecc.} \qquad & \qquad \text{ecc.} \end{aligned} \tag{9}$$

sistema fondamentale per lo studio dei fenomeni di colpo di ariete; la cui Teoria si riduce infatti a sviluppi e deduzioni dal sistema (9).

Osservo ancora che adottando le ovvie notazioni $\eta_0 = 1 \quad \zeta_0 = 1$ anche la 1ª (9) può scriversi nella forma tipica

$$\zeta_0^2 + \zeta_1^2 - 2 = 2\varrho (\eta_0 \zeta_0 - \eta_1 \zeta_1)$$

onde il sistema (9) può riguardarsi come l'applicazione reiterata a una serie di istanti ad intervallo di fase μ della relazione generale:

$$\zeta_{i-1}^2 + \zeta_i^2 - 2 = 2\varrho\,(\eta_{i-1}\,\zeta_{i-1} - \eta_i\,\zeta_i)$$

la quale *governa tutti i fenomeni idrodinamici che hanno luogo in una tubazione alimentata da un serbatoio a livello costante e munita di intercettatore alla sua estremità.*

La designazione di *caratteristica* della tubazione data al numero ϱ è dunque giustificata da ciò che in esso si assorbono tutti gli elementi che individuano la tubazione e cioè altezza di carico y_0, velocità di regime v_0, diametro spessore ed elasticità del tubo (mediante la velocità di propagazione a) e la sola caratteristica figura nel sistema fondamentale (9), mentre la lunghezza L non entra che a determinare la durata di fase $\mu = 2L : a$ che stabilisce per così dire il ritmo delle serie concatenate di valori.

L'intensità percentuale dei fenomeni di colpo d'ariete (e cioè la incognita che è propriamente l'obbiettivo tecnico di una teoria generale) dipende adunque, oltre che dalla legge di manovra dell'intercettatore (valori di η), dalla sola caratteristica ϱ onde è anzitutto opportuno investigare il significato ed i limiti numerici (nel campo delle applicazioni tecniche) dei valori di questa caratteristica.

§ 3.

La caratteristica ϱ.

La natura intrinseca dei fenomeni di moto non permanente — o moto perturbato — di un liquido in un tubo, e cioè del moto che è caratterizzato da variazioni continue di pressione e di velocità, consiste evidentemente in ciò che per effetto di tali variazioni hanno luogo continue trasformazioni di energia cinetica (forza viva della colonna liquida) in energia potenziale (compressione elastica del liquido e distensione elastica del tubo) e viceversa.

È di conseguenza legittimo presumere che le leggi di tali fenomeni debbano avere diretta relazione con le quantità di energia che in ogni tratto del tubo ed in ogni istante si trovano rispettivamente in forma cinetica ed in forma potenziale; ma più specialmente si deve presumere che la caratteristica $\varrho = av_0 : 2gy_0$ la quale definisce lo stato di regime della tubazione, debba avere stretta relazione colle quantità di energia che per unità di lunghezza del tubo ed in regime si trovano rispettivamente allo stato cinetico ed allo stato potenziale. Si può infatti dimostrare che il numero ϱ è appunto eguale alla metà della radice quadrata del rapporto di dette due quantità di energia.

Indicando infatti con:

W_0 la quantità di energia cinetica per unità di lunghezza del tubo in regime e cioè la forza viva posseduta dalla unità di lunghezza della colonna liquida animata dalla velocità v_0;

W la quantità di energia potenziale per unità di lunghezza del tubo in regime e cioè la quantità di energia assorbita dalla compressione elastica dell'unità di lunghezza della colonna liquida e dalla distensione elastica della unità di lunghezza del tubo;

e mantenendo le solite notazioni, è facile vedere che si ha:

$$W_0 = \frac{\omega \pi D^2}{4} \cdot \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\omega \pi D^2 v_0^2}{8g}.$$

Ponendo inoltre $W = W' + W''$ in cui W' e W'' sono rispettivamente le quantità di energia assorbite dalla compressione elastica del liquido e dalla distensione elastica del tubo, è facile vedere che:

$$W' = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\omega y_0}{\varepsilon} \omega y_0 = \frac{\pi \omega^2 D^2 y_0^2}{8\varepsilon}$$

$$W'' = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega y_0 D}{2} \cdot \frac{\omega y_0 D}{2e} \cdot \frac{\pi D}{E} = \frac{\pi \omega^2 D^2 y_0^2}{8E} \cdot \frac{D}{e}$$

e quindi sommando:

$$W = W' + W'' = \frac{\pi \omega^2 D^2 y_0^2}{8} \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{E} \frac{D}{e} \right)$$

cioè per la (1)

$$W = \frac{\pi \omega g D^2 y_0^2}{8a^2}$$

e dividendo l'una per l'altra le espressioni dei valori di W_0 e W si ottiene:

(10) $$\frac{W_0}{W} = \left(\frac{a v_0}{g y_0} \right)^2 = 4\varrho^2 \quad \text{cioè} \quad \varrho = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{W_0}{W}}$$

come più sopra enunciato.

Chiarito così il significato intrinseco della caratteristica ϱ, vediamo entro quali limiti oscilli il suo valore numerico nel campo delle pratiche applicazioni.

Io ho osservato nel § 1 che in dipendenza della formola $(1)^{bis}$ il valore di a si aggira fra un minimo di 6-700 m. per tubi in lamiera di grande diametro e piccolo spessore ed un massimo di 12-1300 m. per tubi di piccolo diametro e forte spessore.

Poichè inoltre la velocità di regime v_0 si contiene fra m. 1,50 e m. 3,00, è facile concludere che cogli ordinarî criterî di calcolazione degli spessori dei tubi il valore di ϱ può variare fra

un minimo di $\varrho \sim 0{,}10$

per altissime cadute e piccole velocità di regime
(p. e.: $y_0 = 1000$ m. $\quad v_0 = 1{,}50$)

ed un massimo di $\varrho \sim 10$

per basse cadute e forti velocità di regime
(p. e.: $y_0 = 10$ m. $v_0 = 3{,}00$).

Prima di istituire una investigazione ragionata sui valori di ϱ cade in acconcio una osservazione preliminare.

Tutte le formole esibite e le ricerche che seguono, presuppongono che la velocità di propagazione a, e quindi anche il rapporto $D:e$, siano costanti lungo la tubazione, tale essendo la condizione di integrabilità delle equazioni differenziali del moto perturbato (V. la citata mia Memoria) per cui si derivano legittimamente le relazioni fondamentali (2).

Ciò si verifica con sensibile esattezza in molti casi (p. e. nelle lunghe tubazioni di alimentazione idraulica delle città e simili), ma raramente nelle tubazioni che più specialmente ci interessano e cioè nelle tubazioni per impianti di forza motrice.

Per il loro stesso obbiettivo di realizzare un salto, simili tubazioni si dispongono più spesso inclinate, onde il rapporto $D:e$ (essendo lo spessore calcolato di solito in base al carico statico nei singoli tratti) risulta decrescente da monte a valle e quindi il valore di a decrescente dall'intercettatore verso il serbatoio.

Conviene in tal caso assumere un valore medio di a corrispondente al tempo totale $\Sigma\,(l_x : a_x)$ che una variazione di pressione impiega a percorrere i diversi tratti l_x della tubazione con velocità variabili a_x; ed è legittimo assumere tale valore medio di a per calcolare la caratteristica ϱ della tabuzione, quando si tratti di investigare fenomeni la cui durata sia tale da permettere che entri in giuoco la elasticità della intera tubazione.

Ciò si verifica certo quando si tratti di fenomeni la cui durata eccede sensibilmente la durata di fase $\mu = 2L:a$ e cioè di fenomeni in fase di contracolpo, mentre per fenomeni di durata $< \mu$ e cioè in fase di colpo diretto converrà assumere per a nel calcolo della caratteristica ϱ la velocità di propagazione che si ha nel tratto inferiore della tubazione. Tipico è a tale proposito il caso di chiusura brusca dell'intercettatore.

Riservandomi di tornare su questo argomento in successive ricerche, concludo intanto osservando che la variazione di a si mantiene praticamente entro limiti tali che l'assumere per essa un valore medio non infirma sensibilmente l'approssimazione dei risultati. A dare una più concreta idea di tali limiti discuterò il caso di tubazioni in lamiera rettilinee inclinate, supponendo che lo spessore ne sia calcolato pei diversi tratti in base al carico statico e con un coefficiente di resistenza $R \cdot 10^6$ con l'aggiunta di una costante che assumo proporzionale al diametro in ragione di 0.0025 per ogni metro.

Indicando inoltre con y_x il carico statico in una sezione qualunque di ascissa x si avrà:

$$\frac{2e}{D} = \frac{1000\, y_x}{R \cdot 10^6} + 0{,}005$$

la quale sostituita nella (1)^{bis} ed adottando R = 7 ci dà per la velocità di propagazione a_x nell'elemento di ascissa x con grandissima approssimazione:

$$(11) \qquad a_x = 1425 \sqrt{\frac{y_x + 35}{y_x + 180}}$$

mediante la quale (1) è calcolata la tabella seguente:

y_x	a_x	y_x	a_x	y_x	a_x
0	628	90	974	350	1216
10	703	100	990	400	1236
20	747	120	1025	500	1266
30	792	140	1054	600	1287
40	834	160	1080	700	1305
50	865	180	1102	800	1318
60	897	200	1122	900	1329
70	924	250	1161	1000	1338
80	948	300	1192	1100	1346

Mediante questi valori ed applicando la relazione:

$$L : a = \Sigma(l_x : a_x)$$

si ottiene la seguente Tabella dei valori della velocità media di propagazione a e dei valori della caratteristica media ϱ per $v_0 = 1{,}50$ a 3,00 m. relative a tubazioni per diverse cadute in ordine decrescente:

		Valori di ϱ				Valori di ϱ	
y_0	a	$v_0 = 1{,}5$	$v_0 = 3$	y_0	a	$v_0 = 1{,}5$	$v_0 = 3$
1000	1184	0.09	0.18	120	861	0.55	1.10
800	1153	0.10	0.21	100	837	0.64	1.28
600	1110	0.14	0.28	80	809	0.77	1.55
500	1082	0.16	0.33	60	777	0.99	1.98
400	1046	0.20	0.40	40	739	1.41	2.83
300	1000	0.25	0.51	30	717	1.83	3.66
200	936	0.36	0.72	20	694	2.65	5.30
140	883	0.48	0.97	10	665	5.09	10.18

(1) Per grandissimi spessori corrispondenti a grandissimi valori di y_x la (11) dà al limite $a_x = 1425$ = velocità di propagazione di una vibrazione (del suono) nell'acqua.

che conferma come possa ritenersi il valore della caratteristica ϱ variabile fra 0.10 e 10.

Avendo specialmente in vista le tubazioni per impianti di forza motrice, io mi riferirò di regola nelle esemplificazioni numeriche a sistemi di valori della caratteristica ϱ dell'ordine di grandezza di quelli elencati nelle tabelle che precedono.

Questi sistemi di valori della caratteristica sono inoltre suscettibili di una comoda rappresentazione grafica mediante un abaco lineare. Poichè infatti i valori delle ϱ sono proporzionali a v_0 è chiaro che assunti due assi ortogonali (V. fig. 1) lungo i quali, con scale arbitrarie, si intendono contati i valori di v_0 e di ϱ rispettivamente, tutti i valori di ϱ relativi a una data tubazione (a un dato y_0) ed a diversi valori di v_0, sono individuati da una retta passante per l'origine degli assi. L'intero sistema dei valori di ϱ per tutte le possibili tubazioni (possibili valori di y_0), e per i diversi valori di v_0 è dunque individuato mediante un fascio di rette passanti per l'origine, come è segnato nella figura 1 che non abbisogna di ulteriori spiegazioni.

La grande importanza del graficismo delle sinossi Cartesiane (V. § 5) nella Teoria del colpo d'ariete, conferisce una specifica utilità a simile abaco grafico del quale farò largo impiego nelle ricerche che seguono.

Riferendomi alla formola (10), osservo infine che poichè la caratteristica ϱ può assumere valori fra 0.10 e 10, il rapporto $W_0 : W$ fra l'energia cinetica e l'energia potenziale della tubazione, può corrispondentemente assumere valori fra 0.04 e 400, e cioè variare entro limiti che stanno fra loro nel rapporto 1 : 10.000.

Questo spiega come i fenomeni di colpo d'ariete, i quali dipendono intrinsecamente dal gioco reciproco di quelle due quantità di energia, si presentino non solo con diversissima intensità percentuale, ma con leggi affatto diverse per tubazioni aventi bassa o rispettivamente alta caduta, come sarà constatato nella investigazione di tali leggi pei varî modi di manovra dell'intercettatore.

§ 4.

Discontinuità nella legge di variazione del carico.

Quando la manovra dell'intercettatore (sia di chiusura che di apertura) venga eseguita con legge continua e tale che all'inizio della manovra la variazione del grado di apertura $\frac{\partial \eta}{\partial t}$ sia diversa da zero, si verifica discontinuità brusca nella legge di variazione del carico in corrispondenza degli istanti $t = \mu$ $t = 2\mu$ $t = 3\mu$ ecc. e cioè al termine della fase di colpo diretto e di ciascuna delle successive fasi di contracolpo.

Differenziando infatti le (9) si ottiene:

$$(12)\qquad \begin{aligned} (\zeta_1 + \varrho\eta_1)\frac{\partial\zeta_1}{\partial t} &= -\varrho\zeta_1\frac{\partial\eta_1}{\partial t} \\ (\zeta_1 - \varrho\eta_1)\frac{\partial\zeta_1}{\partial t} + (\zeta_2 + \varrho\eta_2)\frac{\partial\zeta_2}{\partial t} &= \varrho\left(\zeta_1\frac{\partial\eta_1}{\partial t} - \zeta_2\frac{\partial\eta_2}{\partial t}\right) \\ (\zeta_2 - \varrho\eta_2)\frac{\partial\zeta_2}{\partial t} + (\zeta_3 + \varrho\eta_3)\frac{\partial\zeta_3}{\partial t} &= \varrho\left(\zeta_2\frac{\partial\eta_2}{\partial t} - \zeta_3\frac{\partial\eta_3}{\partial t}\right) \\ \text{ecc.} \qquad\qquad & \qquad\qquad \text{ecc.} \end{aligned}$$

nelle quali i simboli con indice 1 rappresentano valori relativi ad un istante $t = t_1$ essendo $0 < t_1 < \mu$ ed i simboli con indici 2, 3, 4 ecc. rappresentano valori relativi agli istanti

$$t = t_1 + \mu \quad t = t_1 + 2\mu \quad t = t_1 + 3\mu \quad \text{ecc.}$$

e cioè il sistema (12) concatena i valori delle η, ζ, e dei loro coefficienti differenziali relativi a una serie di istanti ad intervallo di fase.

Applicando ora il sistema (12) alla serie di istanti ad intervallo intero di fase

$$t = 0 \quad t = \mu \quad t = 2\mu \quad t = 3\mu \quad \text{ecc.}$$

che dirò *istanti di ritmo intero*, è evidente che nell'istante $t = i\mu$ che separa la fase i^{ma} della $i + 1^{ma}$ io posso prendere in considerazione due distinti valori di $\frac{\partial\zeta}{\partial t}$ e cioè il valore $\frac{\partial\zeta_i}{\partial t}$ relativo all'ultimo istante della fase i^{ma}, o il valore $\frac{\partial\zeta_{i+1}}{\partial t}$ relativo al primo istante della fase $i + 1^{ma}$.

Dimostrerò che questi due valori sono sempre diversi quando, pur essendo la legge di manovra continua, il valore di $\frac{\partial\eta}{\partial t}$ sia diverso da zero nel primo istante della manovra.

Per tale ricerca assumerò che i simboli $\eta_1\ \eta_2\ \eta_3 \ldots$ ecc. e $\zeta_1\ \zeta_2\ \zeta_3 \ldots$ ecc. rappresentino i valori delle η e ζ relativi agli istanti di ritmo intero, ed indicherò inoltre coi simboli

$\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_0 \left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_1 \left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_2$ ecc. i valori della variazione di η negli istanti di ritmo intero;

$\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_0$ e $\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_1$ i valori della variazione di ζ al principio e al termine della 1ª fase;

$\left(\frac{\partial\zeta_2}{\partial t}\right)_1$ e $\left(\frac{\partial\zeta_2}{\partial t}\right)_2$ id. id. al principio ed al termine della 2ª fase;

e così di seguito.

Per applicare dunque il sistema (12) alle serie concatenate di valori relativi ai primi istanti delle singole fasi e cioè agli istanti $t = 0$ $t = \mu$ $t = 2\mu$ ecc. con-

cepiti come primi istanti delle fasi . . . . . 1ª 2ª 3ª ecc. dovrò evidentemente sostituire in esse:

per $t = 0$:

i simboli di ritmo intero . . . . . $\eta_0 \; \zeta_0 \; \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_0 \; \left(\frac{\partial \zeta_1}{\partial t}\right)_0$

rispettivamente in luogo dei simboli di ritmo intercalare . . . $\eta_1 \; \zeta_1 \; \frac{\partial \eta_1}{\partial t} \; \frac{\partial \zeta_1}{\partial t}$

per $t = \mu$:

i simboli di ritmo intero . . . . . $\eta_1 \; \zeta_1 \; \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_1 \; \left(\frac{\partial \zeta_2}{\partial t}\right)_1$

rispettivamente in luogo dei simboli di ritmo intercalare . . . $\eta_2 \; \zeta_2 \; \frac{\partial \eta_2}{\partial t} \; \frac{\partial \zeta_2}{\partial t}$

per $t = 2\mu$:

i simboli di ritmo intero . . . . . $\eta_2 \; \zeta_2 \; \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_2 \; \left(\frac{\partial \zeta_3}{\partial t}\right)_2$

rispettivamente in luogo dei simboli di ritmo intercalare . . . $\eta_3 \; \zeta_3 \; \frac{\partial \eta_3}{\partial t} \; \frac{\partial \zeta_3}{\partial t}$

e così di seguito.

Ricordiamo che $\eta_0 = \zeta_0 = 1$ il sistema (12) diventa così

$$\begin{aligned}
(1+\varrho)\left(\frac{\partial \zeta_1}{\partial t}\right)_0 &= -\varrho\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_0 \\
(1-\varrho)\left(\frac{\partial \zeta_1}{\partial t}\right)_0 + (\zeta_1 + \varrho\eta_1)\left(\frac{\partial \zeta_2}{\partial t}\right)_1 &= \varrho\left(\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_0 - \zeta_1\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_1\right) \\
(\zeta_1 - \varrho\eta_1)\left(\frac{\partial \zeta_2}{\partial t}\right)_1 + (\zeta_2 + \varrho\eta_2)\left(\frac{\partial \zeta_3}{\partial t}\right)_2 &= \varrho\left(\zeta_1\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_1 - \zeta_2\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_2\right) \\
\text{ecc.} \qquad\qquad & \qquad\qquad \text{ecc.}
\end{aligned}$$

Per applicare invece il sistema (12) alle serie concatenate di valori relative agli ultimi istanti delle singole fasi e cioè agli istanti $t = \mu, 2\mu, 3\mu$ ecc. concepiti come ultimi istanti delle fasi 1ª 2ª 3ª ecc. non dovrò fare alcuna modifica agli indici delle η e ζ, salvo interpretarli come indici di ritmo intero, e sostituire:

per $t = \mu$

i simboli di ritmo intero . . . . . $\eta_1 \; \zeta_1 \; \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_1 \; \left(\frac{\partial \zeta_1}{\partial t}\right)_1$

rispettivamente in luogo dei simboli di ritmo intercalare . . $\eta_1 \; \zeta_1 \; \frac{\partial \eta_1}{\partial t} \; \frac{\partial \zeta_1}{\partial t}$

per

i simboli di ritmo intero . . . . . $\eta_2 \; \zeta_2 \; \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)_2 \; \left(\frac{\partial \zeta_2}{\partial t}\right)_2$

rispettivamente in luogo dei simboli di ritmo intercalare . . $\eta_2 \; \zeta_2 \; \frac{\partial \eta_2}{\partial t} \; \frac{\partial \zeta_2}{\partial t}$

e così di seguito.

Il sistema (12) ci dà così:

$$(14)\qquad \begin{array}{l} (\zeta_1 + \varrho\eta_1)\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_1 = \quad -\varrho\zeta_1\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_1 \\ (\zeta_1 - \varrho\eta_1)\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_1 + (\zeta_2 + \varrho\eta_2)\left(\frac{d\zeta_2}{\partial t}\right)_2 = \varrho\left(\zeta_1\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_1 - \zeta_2\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_3\right) \\ \text{ecc.} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \text{ecc.} \end{array}$$

Ora confrontando (13) e (14) è evidente che i due valori

$\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_1$ = valore di $\frac{\partial\zeta}{\partial t}$ al termine della 1ª fase, che si ricava dalla 1ª (14)

$\left(\frac{\partial\zeta_2}{\partial t}\right)_1$ = valore di $\frac{\partial\zeta}{\partial t}$ al principio della 2ª fase, che si ricava dalla 2ª (13)

sono valori numericamente diversi salvo che sia all'inizio della manovra $\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_0 = 0$.

In tal caso infatti la 2ª (13) diventerebbe:

$$(\zeta_1 + \varrho\eta_1)\left(\frac{\partial\zeta_2}{\partial t}\right)_1 = -\varrho\zeta_1\left(\frac{\partial\eta}{\partial t}\right)_1$$

la quale confrontata colla 1ª (14) dimostra che si avrebbe:

$$\left(\frac{\partial\zeta_1}{\partial t}\right)_1 = \left(\frac{\partial\zeta_2}{\partial t}\right)_1$$

e parimenti dalle coppie di equazioni successive risulterebbe in generale:

$$\left(\frac{\partial\zeta_i}{\partial t}\right)_i = \left(\frac{\partial\zeta_{i+1}}{\partial t}\right)_i .$$

Io escludo una simile ipotesi dalle ricerche che seguono ritenendo che la variazione di η sia sensibilmente costante come è in realtà nelle tubazioni per forza motrice alle quali specialmente mi riferisco.

Assumerò anzi di regola che la variazione di η sia lineare ed in tutte le ricerche che seguono considererò esclusivamente serie di valori ζ_i la cui legge di variazione presenta discontinuità negli istanti di ritmo intero.

Ne consegue evidentemente che costruendo un diagramma ortogonale dei carichi $Y_i = \zeta_i^2 y_0$ in funzione dei valori di t come ascisse, esso si presenta come una spezzata mistilinea di cui i vertici corrispondenti agli istanti di ritmo intero . . . . . $t = 0\ ,\ \mu\ ,\ 2\mu\ ,\ 3\mu$ ecc. hanno rispettivamente le ordinate $y_0\ ,\ Y_1\ ,\ Y_2\ ,\ Y_3$ ecc.

Salvo casi specialissimi, che mi riservo di investigare, i valori massimi o minimi del carico si verificano dunque in uno degli istanti di ritmo intero, e noi potremo dire di avere in generale adeguata conoscenza delle leggi del colpo d'ariete

per una data manovra quando conosceremo la serie dei carichi di ritmo intero Y_1, Y_2, Y_3, ... che per effetto di essa si generano presso l'intercettatore.

Bastino per ora questi cenni generali sul fenomeno della discontinuità periodica nelle leggi del colpo d'ariete sul quale ritornerò nelle ricerche speciali riferentisi alle diverse leggi di manovra dell'intercettatore.

§ 5.

Le sinossi cartesiane dei fenomeni di colpo d'ariete.

Dal sistema fondamentale (8) risulta, come già osservai, che le leggi ed intensità percentuali dei fenomeni di colpo d'ariete dipendono esclusivamente dalla caratteristica ϱ — in cui si assorbono, salvo la lunghezza L, tutti gli elementi individuanti la tubazione — e dalla manovra dell'intercettatore, cioè dalla serie dei gradi di apertura η_1, η_2, η_3 ecc. che si verificano ad intervalli di tempo μ.

Due tubazioni aventi la stessa caratteristica ϱ ma lunghezze e velocità di propagazione diverse, danno dunque luogo ad identici fenomeni di colpo d'ariete quando siano manovrate in modo da produrre in esse eguali valori η_1, η_2, ... dei gradi di apertura dell'intercettatore ad omologhi intervalli di fase.

Io intendo considerare tali due tubazioni come *identiche*, ed *identiche* altresì le manovre dell'intercettatore in esse eseguite, sebbene tali manovre abbiano dovuto ovviamente eseguirsi con velocità diverse e proporzionali alle rispettive durate di fase. Sorge così spontaneo od ovvio il concetto di semplificare e sintetizzare tutta la trattazione assumendo come unità di tempo per ciascuna tubazione la rispettiva durata di fase, ciò che equivale ovviamente ad assegnare a tutte le tubazioni una stessa lunghezza unitaria.

È questo il terzo dei principî fondamentali della teoria, accennati infine del § 1, principio fecondo di una completa introspezione nel campo dei fenomeni di colpo di ariete, mercè le rappresentazioni grafiche che io designo col nome di *Sinossi cartesiane*.

E infatti per le tubazioni che formano oggetto di applicazioni tecniche si può ritenere che le manovre dell'intercettatore vengano eseguite con velocità sensibilmente costante nel senso che la variazione percentuale della luce di efflusso può ritenersi sensibilmente costante per unità di tempo durante la manovra (variazione lineare) e tale velocità è generalmente definita colla indicazione del tempo totale τ necessario a operare la chiusura completa partendo dallo stato di regime.

Se dunque si assuma la durata di fase come unità di tempo e si indichi con ϑ il tempo totale di chiusura espresso in unità μ ponendo:

$$\vartheta = \frac{\tau}{\mu} = \frac{a\tau}{2L} \tag{15}$$

saranno le serie dei gradi di apertura definite dalla

$$\eta = 1 \pm \frac{t}{\vartheta} \tag{16}$$

in cui t si intende pure misurato colla stessa unità di tempo μ.

Stabilito il genere della manovra (se di chiusura o di apertura od alternativa) e dato il tempo ϑ tutte le condizioni del funzionamento della tubazione in regime perturbato sono dunque determinate e sono noti tutti gli elementi per l'applicazione del sistema fondamentale (9) che ne governa le leggi.

Posso dunque enunciare:

Quando la manovra dell'intercettatore venga eseguita con velocità uniforme, le leggi dei conseguenti fenomeni di colpo d'ariete sono funzioni dei due soli parametri ϱ (caratteristica) e ϑ (numero che definisce la velocità di manovra).

Il lettore si deve dunque anzitutto famigliarizzare col concetto che una tubazione funzionante è perciò che concerne i fenomeni di colpo d'ariete definita completamente da due soli parametri ϱ e ϑ e che di identiche tubazioni ossia di tubazioni che presentano identici fenomeni ne esiste una triplice infinità e cioè la triplice infinità delle tubazioni per le quali i cinque elementi che le individuano e cioè:

y_0 altezza di caduta,
a velocità di propagazione dei carichi variabili,
L lunghezza della tubazione,
v_0 velocità di flusso nel tubo in regime,
τ tempo che definisce la velocità di manovra,

soddisfano alle due condizioni:

$$\frac{av_0}{2gy_0} = \varrho \quad , \quad \frac{a\tau}{2L} = \vartheta.$$

Ben vero se, come d'ordinario, lo spessore della tubazione è calcolato in base al carico y_0 la velocità di propagazione a diventa funzione di y_0 (ved. § 3) e le tubazioni rappresentate dalla coppia di parametri ϱ e ϑ si riducono a una doppia infinità.

Il lettore deve anche, mediante esempi numerici famigliarizzarsi col concetto che nella triplice (o duplice) infinità di tubazioni rappresentate da una stessa coppia di parametri sono comprese tubazioni diversissime, pur restando sempre nei limiti delle pratiche applicazioni.

Così per esempio le due tubazioni individuate da:

1ª $\quad y_0 = 300 \quad a = 1000 \quad L = 900 \quad v_0 = 3{,}60 \quad \tau = 9''$

2ª $\quad y_0 = 100 \quad a = 840 \quad L = 300 \quad v_0 = 1{,}43 \quad \tau = 3'',6$

sono entrambe rappresentate dai parametri

$$\varrho = 0{,}60 \quad \vartheta = 5.$$

Osservo ancora che dei cinque elementi che individuano una tubazione funzionante i primi tre e cioè: y_0, a, L sono costruttivi e in generale non modificabili, mentre v_0 e τ sono funzionali e vengono di frequente modificati variando la portata della tubazione o la velocità di manovra dell'intercettatore.

Il lettore deve dunque avere ben presente che per tale modifica anche di uno soltanto degli elementi funzionali la tubazione considerata diventa *un'altra tubazione*, in cui i fenomi di colpo d'ariete possono presentare leggi anche molto diverse da quelle che si avevano coi primitivi valori degli elementi funzionali.

Assegnando dunque ai parametri ϱ e ϑ tutti i possibili valori entro i limiti delle applicazioni tecniche si viene ad individuare una doppia infinità di tubazioni nella quale sono contemplate tutte le possibili tubazioni per tutte le possibili manovre, ma ciascuna di tali tubazioni individuata da una coppia di parametri (ϱ, ϑ), rappresenta in realtà la triplice (o duplice) infinità delle tubazioni che presentano identiche leggi percentuali dei fenomeni di colpo d'ariete.

Mediante tale raggruppamento il campo di detti fenomeni può dunque venire sistematicamente e completamente esplorato, e la loro teoria esaurientemente precisata.

A tale intento soccorrono, mezzo prezioso di investigazione e rappresentazione dei fenomenti di colpo d'ariete, le *Sinossi cartesiane*, il cui concetto scaturisce spontaneo dagli enunciati che precedono. Assumendo infatti due assi ortogonali di coordinate cartesiane ϱ e ϑ (ved. fig. 2) è ovvio che tutte le leggi dei fenomeni di colpo d'ariete, e cioè tutte le deduzioni e conclusioni di carattere sia finito che differenziale, le quali possono trarsi dal sistema fondamentale (9) sono rappresentabili graficamente nel quadrante positivo del piano (ϱ, ϑ), dando luogo a quelle che io ho designato col nome di *Sinossi cartesiane delle tubazioni.*

Un punto di coordinate (ϱ, ϑ) rappresenta dunque la tubazione, o meglio la triplice infinità di tubazioni definita dai parametri ϱ e ϑ, ed il quadrante positivo della sinossi cartesiana contiene ovviamente tutte le possibili tubazioni funzionanti.

Il lettore si deve dunque famigliarizzare con diciture come:

tubazione *situata in un punto della sinossi*, con che si indicherà una tubazione di cui gli elementi costruttivi e funzionali e quindi parametri ϱ e ϑ hanno un valore fisso e determinato;

tubazione *situata su una linea o in una zona della sinossi*, con che si indicherà una tubazione di cui gli elementi funzionali e quindi i parametri possono variare entro certi limiti.

Così per es. una tubazione che si contempla funzionante con una portata variabile entro certi limiti (alla quale corrisponde analoga variazione di v_0 e quindi della caratterisca ϱ) sarà rappresentata nella sinossi non più da un punto ma da un segmento AB (fig. 2) parallelo all'asse delle ϱ.

Parimenti una tubazione che per una stessa portata è manovrata con velocità diverse sarà rappresentata da un segmento AC parallelo all'asse ϑ.

Ed infine una tubazione che può farsi funzionare con diverse portate e diverse velocità di manovra sarà rappresentata nella sinossi dall'area racchiusa entro la linea determinata dai valori limiti di ϱ e ϑ.

Io adotto di regola (ved. fig. 2) l'asse verticale come asse delle ϑ contate verso il basso e l'asse orizzontale come asse delle ϱ disponendo al di sopra del medesimo l'abaco delle caratteristiche fig. 1 (ved. § 3) in modo da avere una immediata percezione dei valori di y_0 e v_0 ai quali (per tubazioni in lamiera) corrisponde ogni singolo valore di ϱ.

La scelta delle scale pei valori di ϱ e ϑ è arbitraria, ma conviene adottare in genere una scala più grande per le ϱ e più piccola per le ϑ; e ciò sia perchè a voler contemplare tutte le tubazioni tecnicamente possibili è necessario considerare valori di ϱ fino a non oltre $\varrho = 10$ (ved. le tabelle del § 3) e valori di ϑ fino ad almeno $\vartheta = 25\text{-}30$; sia per un'altra ragione intrinseca. Vedremo infatti che mentre le leggi del colpo d'ariete variano sensibilmente spostandosi da una zona di tubazioni ad una adiacente nel senso delle ϱ, il contrario ha luogo spostandosi nel senso delle ϑ.

Osservo ancora che mentre il quadrante della sinossi contempla *tutte le tubazioni possibili*, le diverse zone di esso hanno assai disuguale importanza tecnica, e talune anzi non ne hanno affatto.

Ed invero è da escludere quasi in via assoluta che possano esistere tubazioni caratterizzate da piccoli valori di ϱ e grandi valori di ϑ, ovvero da grandi valori di ϱ e piccoli valori di ϑ.

Le tubazioni caratterizzate da piccoli valori di ϱ si riferiscono ovviamente (vedasi l'abaco fig. 1) ad alte ed altissime cadute le quali necessitano grandi lunghezze di tubo e quindi lunghe durate di fase in modo che manovre anche lente dànno luogo a piccoli valori di ϑ.

Parimenti le tubazioni caratterizzate da grandi valori di ϱ si riferiscono a basse e bassissime cadute le quali, di solito e salvo casi speciali, non esiggono che piccole lunghezze di tubo onde si hanno durate di fase brevissime, in modo che manovre anche molto rapide dànno luogo a grandi valori di ϑ.

Impiego delle sinossi cartesiane.

Le sinossi cartesiane possono impiegarsi sia come *abachi di valori* sia come *abachi classificativi*, e di tali impieghi basti qui spiegare il concetto generale, non potendosi farne esemplificazioni complete senza invadere il campo delle ricerche speciali che formano oggetto delle Note successive.

Noi possiamo anzitutto, mediante il sistema fondamentale (9), individuare nel piano della sinossi delle curve che sono luoghi di tubazioni per le quali determinati fenomeni tecnicamente interessanti raggiungono certi valori percentuali e foggiare così degli *abachi di valori* per la spedita investigazione di una tubazione qualsiasi in ordine a quei fenomeni.

Così per es. il ramo iperbolico (c) segnato nella sinossi (fig. 2) è il luogo delle tubazioni per le quali il carico percentuale di colpo diretto durante una manovra di chiusura raggiunge il valore $\zeta_1^2 = Y_1 : y_0 = 1{,}5$ ed è ovvio che tracciando una

serie di simili curve (c) per una serie di valori ζ_1^2, si può costruire un abaco dei carichi di colpo diretto in chiusura.

Ma noi possiamo anche, mercè il sistema (9), dimostrare che certe zone della sinossi, e cioè le tubazioni in esse rappresentate, presentano per determinate manovre dell'intercettatore peculiari proprietà interessanti le applicazioni tecniche; e la delimitazione di simili zone conduce alla formazione di *abachi classificativi*, di cui è ovvio l'impiego per lo studio delle tubazioni. Così per. es. il ramo iperbolico (s) segnato nella fig. 2 taglia il piano sinottico in due zone di cui quella a sinistra presenta la proprietà che per le tubazioni in essa situate il carico di colpo diretto è il carico massimo che si verifica durante una manovra di chiusura, mentre per le tubazioni situate a destra di (s) il carico massimo in chiusura è uno dei carichi di contracolpo.

§ 6.

Il diagramma circolare delle serie concatenate $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ ecc.

Un altro valido strumento di investigazione dei fenomeni di colpo d'ariete ci è dato da un assai facile metodo di calcolazione grafica, mediante diagrammi circolari, delle serie concatenate $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ ecc. relative a una data tubazione (a un dato valore di ϱ) e ad una data manovra dell'intercettatore (a una serie data di valori $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \ldots$).

Questo metodo di calcolazione grafica si deduce dalle equazioni fondamentali (9) osservando che esse possono interpretarsi come equazioni di circoli.

Mantenendo le notazioni $\eta_0 = 1$, $\zeta_0 = 1$ si può infatti scrivere il sistema delle equazioni (9) nella forma:

$$
\begin{aligned}
&(\zeta_0 - \varrho\eta_0)^2 + (\zeta_1 + \varrho\eta_1)^2 = \overline{\varrho\eta_0}^2 + \overline{\varrho\eta_1}^2 + 2 \\
&(\zeta_1 - \varrho\eta_1)^2 + (\zeta_2 + \varrho\eta_2)^2 = \overline{\varrho\eta_1}^2 + \overline{\varrho\eta_2}^2 + 2 \qquad (17) \\
&(\zeta_2 - \varrho\eta_2)^2 + (\zeta_3 + \varrho\eta_3)^2 = \overline{\varrho\eta_2}^2 + \overline{\varrho\eta_3}^2 + 2 \\
&\qquad\qquad \text{ecc.} \qquad\qquad\qquad \text{ecc.}
\end{aligned}
$$

Ora è evidente che interpretando le ζ di indici pari e le ζ di indici dispari rispettivamente come le coordinate di un punto riferite a due assi ortogonali, le equazioni (17) rappresentano una serie di circoli per ciascuno dei quali le coordinate del centro, ed il raggio sono dati da:

	Coord. del centro	*Raggio*
	$(+\varrho\eta_0 , -\varrho\eta_1)$	$\sqrt{\overline{\varrho\eta_0}^2 + \overline{\varrho\eta_1}^2 + 2}$
$(17)^{bis}$	$(+\varrho\eta_1 , -\varrho\eta_2)$	$\sqrt{\overline{\varrho\eta_1}^2 + \overline{\varrho\eta_2}^2 + 2}$
	$(+\varrho\eta_2 , -\varrho\eta_3)$	$\sqrt{\overline{\varrho\eta_2}^2 + \varrho\eta_3^2 + 2}$
	ecc.	ecc.

Tracciando adunque tale serie di circoli e poichè è dato $\zeta_0 = 1$, si possono facilmente costruire i successivi valori $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \ldots$ di una serie concatenata per qualsiasi legge di manovra dell'intercettatore individuata dalla serie dei gradi di apertura η_1, η_2, η_3 ecc. relativi agli istanti $t_1, t_1 + \mu, t_1 + 2\mu$ ecc.

Assunto infatti (ved. fig. 3) l'asse orizzontale per le ζ di indice pari, e il verticale per le ζ di indice dispari, sia C_1 il punto di ascissa $\varrho\eta_0 (= \varrho)$ e di ordinata $-\varrho\eta_1$ che per la prima (17) è il centro del 1° circolo.

Tirata la C_1O e sulla perpendicolare ad essa in O segnato un segmento $\overline{OK_1} = \sqrt{2}$ è ovvio che per la 1ª $(17)^{bis}$ sarà $\overline{C_1K_1}$ il raggio del 1° circolo γ_1.

Segnato quindi sull'asse orizzontale un segmento $\overline{OA_1} = \zeta_0 = 1$ la verticale per A_1, incontrerà ovviamente il circolo γ_1 un punto D_1, tale che per la 1ª (17) deve essere: $\overline{A_1D_1} = \zeta_1$.

Parimenti determinato il centro del secondo circolo C_2 (coord. $+\varrho\eta_1, -\varrho\eta_2$) e segnato sulla perpendicolare in O a C_2O il segmento $\overline{OK_2} = \sqrt{2}$ si tracci il circolo γ_2 di centro C_2 e raggio $\overline{C_2K_2}$ ad incontrare in D_2 la orizzontale passante per D_1.

Sarà ovviamente per la 2ª (17): $\overline{A_2D_2} = \zeta_2$.

Analogamente si possono tracciare i successivi circoli γ_3, γ_4 ecc. e determinare i segmenti che dànno i valori di ζ_3, ζ_4 ecc.

Tale procedimento grafico ci fornisce dunque una spedita risoluzione del sistema delle equazioni (9) rispetto alle incognite ζ_i e pel suo pratico impiego è opportuno tracciare il diagramma in iscala piuttosto grande, perchè più che i valori ζ_i interessano i valori dei loro quadrati ζ_i^2 i quali ci dànno i valori percentuali dei carichi, essendo ovviamente:

$$\zeta_i^2 = \frac{u_i^2}{u_0^2} = \frac{Y_i}{y_0}$$

e quindi piccole inesattezze di graficismo possono dar luogo ad errori sensibili.

Osservo però che l'importanza di tale procedimento grafico non risiede nella spedita risoluzione del sistema (9) per la determinazione delle serie di valori ζ_i^2 che definiscono la variazione del carico per una *data manovra* d'intercettatore in una *data tubazione*.

Tale non è, come ripetutamente già accennai, l'obbiettivo delle presenti ricerche intese invece alla investigazione delle leggi generali dei fenomeni di colpo d'ariete atte a fornire razionali criterî alla tecnica delle tubazioni.

Ma anche da questo punto di vista il diagramma circolare delle serie concatenate è un prezioso strumento di ricerca, perchè le sue proprietà geometriche in dipendenza della legge di manovra (serie dei gradi di apertura $\eta_1, \eta_2, \ldots$) ci forniscono in modo elementare la dimostrazione di interessanti proprietà delle leggi dei fenomeni di colpo d'ariete.

§ 7.

Problemi tecnici e programma di trattazione.

La esposizione precedente ha messo abbastanza in chiaro come lo studio dei fenomeni di moto perturbato nelle tubazioni — Teoria del Colpo d'ariete — può sistematicamente istituirsi mediante il sistema delle equazioni fondamentali (9) e delle loro derivate, nonchè mediante il diagramma circolare delle serie concatenate derivato dal sistema (9).

Preciso ora il campo e il metodo delle successive ricerche.

Limitandomi ai problemi tipici e nella ipotesi di manovra con la legge lineare, tratterò ed esaurirò anzitutto la ricerca delle leggi pei carichi variabili in quattro casi principali e cioè:

A) per *manovre di chiusura* nella ipotesi cioè che i gradi di apertura η_1, η_2, η_3, ... costituiscano una serie di valori linearmente decrescenti a partire dall'unità;

B) per *manovre di apertura*, nelle ipotesi cioè che i gradi di apertura η_1, η_1, η_2, ... costituiscano una serie di valori linearmente crescenti a partire dall'unità (eventualmente a partire da zero);

C) per *manovre alternative* con ritmo eguale alla durata di fase in modo che il grado di apertura riprende lo stesso valore ad ogni due intervalli di fase ciò che dà luogo ai così detti fenomeni di risonanza.

D) ad *intercettatore fermo* nella ipotesi cioè che si supponga

$$\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \cdots = \text{cost},$$

dopo che il regime è stato perturbato da una manovra precedente;

Premetterò per ciascuno di questi quattro problemi la trattazione col metodo grafico desunto dal diagramma circolare delle serie concatenate, metodo con cui alcuni più salienti caratteri delle leggi dei fenomeni di colpo d'ariete possono, come già osservai, venir sufficientemente esplorati ed illustrati, dando luogo a una semplicissima *Teoria grafica* del colpo d'ariete.

Riprenderò quindi la trattazione di ogni singolo problema con metodo analitico precisando, col sussidio di sinossi cartesiane (ved. § 5) le leggi generali che classificano la doppia (quintupla) infinità delle possibili tubazioni rispetto ad ognuna delle quattro manovre.

Il lettore potrà così constatare come problemi che sembravano estremamente complessi ed oscuri, siano suscettibili di soluzioni elegantemente semplicissime, potendosi per es. col tracciamento di un solo circolo del diagramma delle serie concatenate, ottenere i sei valori limiti del carico interessanti la tecnica per le tre manovre di chiusura, di apertura ed alternativa.

Parimenti gli *abachi* desunti dalle sinossi cartesiane permettono la spedita risoluzione dei problemi concernenti la calcolazione razionale delle tubazioni (scelta degli elementi arbitrarî) nonchè la spedita determinazione della manovra più pericolosa e conseguente sollecitazione massima per ciascuna categoria di tubazioni.

Farò seguire a tali ricerche una investigazione sulle leggi di propagazione dei carichi *istantanei* lungo le tubazioni e sulla influenza dei diametri variabili nell'attenuare o rinforzare l'intensità dei carichi propagantisi.

Ed infine una seconda categoria di problemi formerà oggetto di esaurienti ricerche analitiche e grafiche e cioè i problemi relativi alle leggi di variazione della forza viva del getto fluente in chiusura ed in apertura, leggi dalla cui conoscenza derivano criterî razionali per la regolazione delle turbine.

Io ho già nella citata precedente Memoria accennato in quali condizioni la forza viva del getto fluente può aumentare nei primi istanti di una manovra di chiusura. Estenderò ora con maggior generalità, la ricerca alla intera fase di colpo diretto ed alle successive fasi di contracolpo in numero qualsiasi mettendo in evidenza coll'ausilio specialmente della sinossi cartesiana le leggi di fenomeni finora oscuri o del tutto ignorati.

Risulterà da tali ricerche come per medî e grandi valori della caratteristica (medie e piccole cadute) l'aumento della forza viva del getto fluente in chiusura può ostacolare o addirittura rendere impossibile la regolazione delle turbine nei modi ordinarî, inconveniente a cui l'adozione di scarichi sincromi non è che parziale e talvolta insufficiente rimedio. Investigherò infine come simile fenomeno possa essere razionalmente attenuato o soppresso mercè l'impiego di tubi piezometrici o di camere d'aria, argomento quest'ultimo già delibato nella mia precedente Memoria.

Fig. 1ª

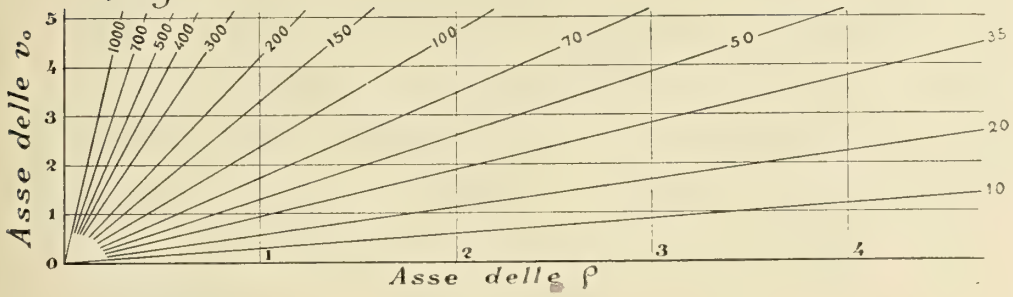
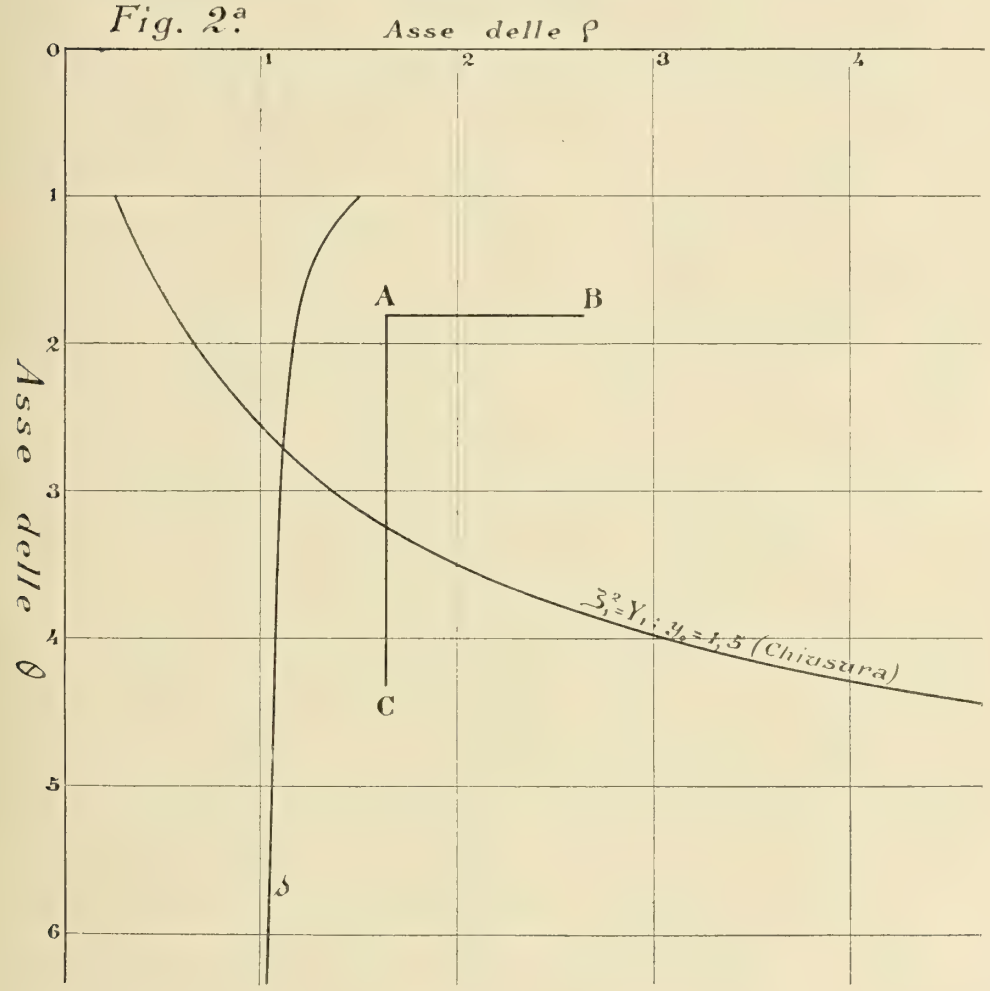

Asse delle v_o
Asse delle ρ
1000
700
500
400
300
200
150
100
70
50
35
20
10

Fig. 2ª


Asse delle ρ
Asse delle θ
A
B
C
δ
$\frac{\zeta_1^2}{Y_1} : \frac{y_2}{y_1} = 1,5$ (Chiusura)

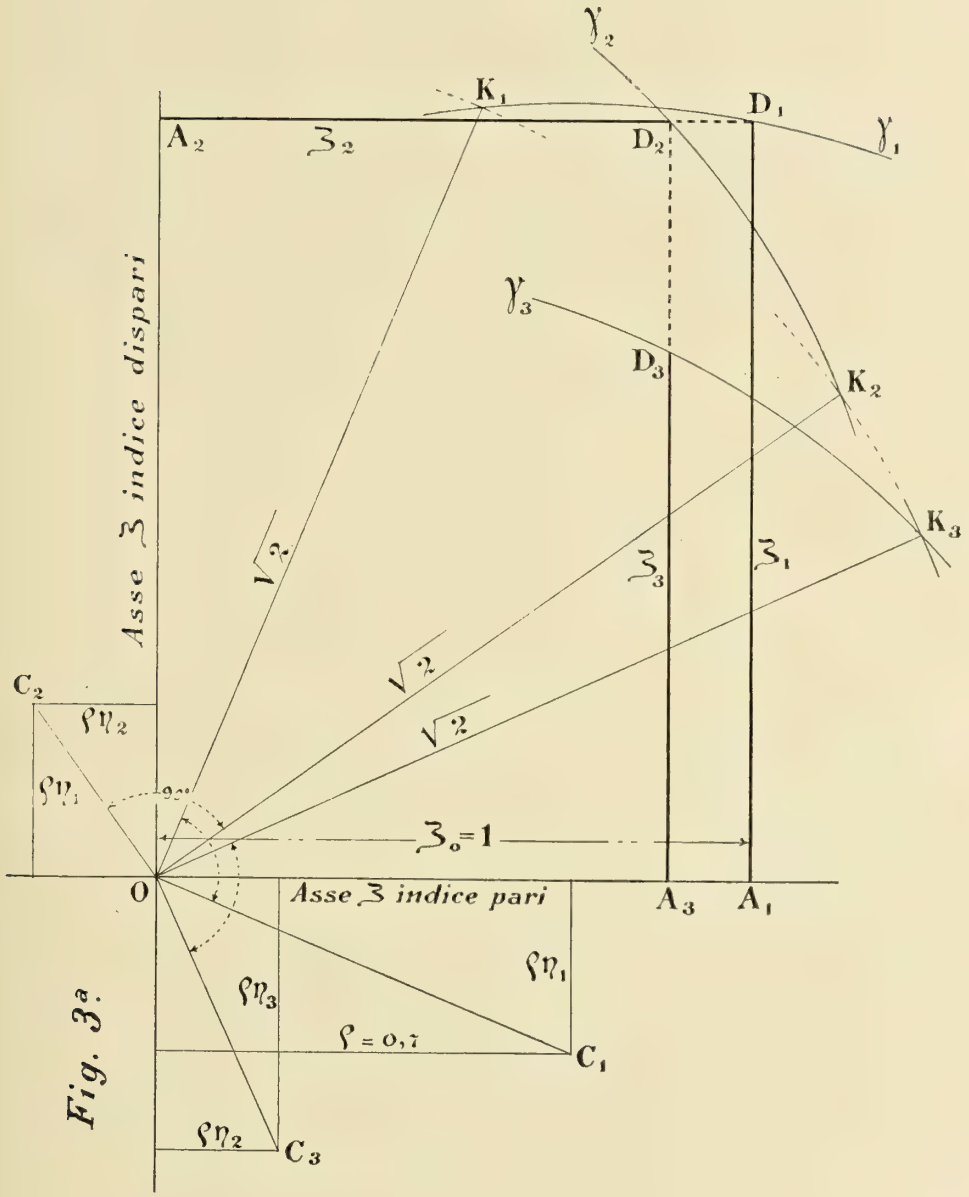

γ_2
K_1
D_1
A_2
ζ_2
D_2
γ_1
γ_3
D_3
K_2
K_3
Asse ζ indice dispari
$\sqrt{2}$
ζ_3
ζ_1
C_2
$\rho\eta_2$
$\rho\eta_1$
$\zeta_0=1$
O
Asse ζ indice pari
A_3
A_1
$\rho\eta_3$
$\rho\eta_1$
$\rho = 0,1$
C_1
$\rho\eta_2$
C_3

Fig. 3ª

La materia allo stato sovraffuso e discontinuità in alcune sue proprietà fisiche in vicinanza del punto di fusione

Memoria del Socio R. NASINI e di U. BRESCIANI [1]

letta nella seduta del 4 febbraio 1912.

(con nove tavole)

INTRODUZIONE

Molto numerose certo sono le esperienze sulla materia allo stato di sovraffusione, sia rispetto alle determinazioni delle costanti fisiche di essa, sia in riguardo alle condizioni perchè la sovraffusione si manifesti e si mantenga in più o meno estesi limiti di temperatura: tra queste ultime vanno specialmente ricordate le ricerche classiche del Tammann [2], il quale mise in relazione il fenomeno della sovraffusione con i due più importanti fattori che la determinano, cioè la velocità di cristallizzazione ed il numero dei germi cristallini che spontaneamente si formano nella materia sovraffusa. Allorquando un liquido si raffredda al disotto del suo punto di cristallizzazione, allora, a seconda dei casi, può avvenire o che subito, o quasi, la cristallizzazione cominci e si estenda poi a tutta la massa, oppure che i germi cristallini invisibili, venendo a diminuire per il raffreddamento la velocità delle molecole, non possano manifestare la loro azione, diremo così, accentratrice e orientatrice: ed allora la cristallizzazione non si produce e si possono avere sostanze sovraffuse che più non cristallizzano e che, trasformandosi poi in solidi amorfi, si trovano in un equilibrio perfettamente stabile, come avviene per molte di quelle vetrose. È necessario di arrivare di nuovo a temperature più elevate perchè la cristallizzazione possa aver luogo, in relazione colla maggior mobilità delle molecole e colla conseguente possibilità della formazione di grossi germi e poi della cristallizzazione della massa.

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di Chimica generale della R. Università di Pisa.

[2] G. Tammann, *Kristallisieren und Schmelzen*, Leipzig, A. Barth, 1903.

Si ammette — sebbene, come tra poco diremo, alcuni fatti che parlavano in senso contrario fossero già noti — che ci sia perfetta continuità tra le proprietà fisiche della materia allo stato liquido normale e di quella allo stato di sovraffusione, e che nessuna anomalia si presenti nelle espressioni analitiche e nelle curve che rappresentano le variazioni di proprietà fisiche col variare della temperatura. Ed anche uno di noi, determinando l'indice di rifrazione e la densità di alcune sostanze organiche, era giunto a tale conclusione [1]. Ma bisogna riconoscere che il problema è stato pochissimo studiato, e solo in via occasionale, giacchè la maggior parte delle misure delle costanti fisiche della materia sovraffusa sono state fatte con altro indirizzo, e quasi tutte si esplicano poi a temperature assai inferiori a quelle che corrispondono al punto di fusione del solido, mentre le singolarità, secondo quanto vedremo, si fanno evidenti appunto a quella temperatura.

Nondimeno, sino dal 1895 fu fatta una osservazione che mostrava come nelle sostanze sovraffuse, passandosi per la temperatura del punto di fusione o in prossimità di essa, si possono manifestare delle singolarità. Questa prima osservazione si deve a L. Bruner, il quale in una sua Nota [2], dopo avere accennato al fatto che, « sebbene i fenomeni particolari della sovraffusione abbiano da molto tempo attirato l'attenzione degli osservatori, il calore specifico dei liquidi sovraffusi non è ancora stato oggetto di uno studio sistematico », si propose di studiare l'argomento: esperimentò, tra le altre sostanze, sul timolo; e tracciando le relative curve, prendendo le temperature come ascisse e i calori specifici come ordinate, mostrò che « il cammino ascendente della curva è più rapido nell'intervallo tra 45° e 55° », ossia in vicinanza del punto di fusione. Ed in una Nota di poco posteriore, pure pubblicata nel 1895 [3], un fatto analogo trovò per l'iposolfito sodico. « La curva presenta », egli dice, « in vicinanza del punto di fusione (48°), il massimo sensibilissimo che io ho già segnalato per il calore specifico del timolo ».

Sebbene l'importanza di queste esperienze del Bruner fosse grandissima, pure esse non furono prese in molta considerazione; anzi W. Ostwald, nel riferire brevemente su questi lavori [4], poneva un punto interrogativo rispetto all'esistenza di questo massimo. Si era allora in un periodo antiatomico, antimolecolare: e questa discontinuità in una proprietà fisica di una specie chimica isotropa non sembrava troppo probabile, come già non erano parse, e non dovevano parere probabili, alcune anomalie affermate da varî esperimentatori nelle proprietà fisiche dell'acqua in vicinanza della

[1] R. Nasini ed O. Bernheimer, *Sulle relazioni esistenti tra il potere rinfrangente e la costituzione chimica dei composti organici*. Gazz. chim. ital., vol. XV (1885) pag. 59.

[2] L. Bruner, *Sur la chaleur specifique des liquides surfondus*, Comptes Rendus etc., *120* (1895), pag. 912.

[3] L. Bruner, *Sur la chaleur specifique des sels surfondus*, Comptes Rendus etc., *121* (1895), pag. 60.

[4] Zeitschrift f. physikalische Chemie *19* (1896), pag. 381. Riferiamo integralmente... « Der Anstieg ist in der Nähe des Schmelzpunktes (49.5°) etwas grösser (? Ref.) Parakresol gab eine schwach aufsteigende Kurve, ohne merkliches Maximum. ZWISCHEN DER SPEZIFISCHEN WAERME IM UEBERSCHMOLZENEN UND IM GEWOEHNLICHEN FLUESSIGEN ZUSTANDE OBERHALB DES SCHMELZPUNKTES FINDET ALSO (WIE AUCH UNBEDINGT ZU ERWARTEN WAR) EIN STETIGER UEBERGANG STATT . . . ».

temperatura di 4°, sebbene innegabile in fondo fosse, e sia, l'anomalia nella densità, solo spiegabile con ipotesi molecolari.

Nel 1900 altre ben studiate anomalie nel comportamento delle sostanze sovraffuse furono messe in evidenza da un giovane, allora, e modesto quanto valoroso chimico italiano, R. Moreschini, chimico nel Laboratorio centrale delle Gabelle a Roma a quei tempi, ora direttore del Laboratorio chimico compartimentale delle Gabelle in Napoli.

Crediamo opportuno di riferire per esteso, nelle parti che più ci interessano, quanto fu esposto dal Moreschini nella Memoria che egli pubblicò sull'argomento [1], Memoria della quale nessuno, o quasi, si occupò, in parte per le ragioni addotte sopra a proposito del lavoro del Bruner, in parte anche perchè scritta in italiano. Un cenno critico del lavoro del Moreschini fu dato dall'Abegg nello « Zeitschrift für physikalische Chemie (vol. 35, pag. 116, anno 1900). Riportiamo integralmente questo cenno, nel quale si insiste sulla continuità tra lo stato liquido e il sovraffuso. Per le ragioni che svolgeremo in seguito, non crediamo però che la spiegazione data dall'Abegg possa essere giusta:

« Man pflegt aus vielerlei Gründen den überschmolzenen Zustand einer Substanz als die kontinuierliche Fortsetzung des flüssigen anzusehen. Der Verf. beobachtete jedoch, dass die Abkühlungsgeschwindigkeit von Fettsäuregemischen, von Thymol, Anetol und Eisessig eine deutliche Unstetigkeit gerade beim Passieren des Schmelzpunktes aufwies. Die Abkühlungsgeschwindigkeit soll sich dort plötzlich verlangsamen. Die Erscheinung erinnert zu sehr an die von Rudberg [s. Ostwald. Lehrbuch (2. Aufl.) I, 1018] beim Abkühlen von Legierungen beobachteten, um nicht die dort von Ostwald (loc. cit. S. 1024) gegebene Erklärung auch hier als zutreffend zu vermuten: ein — vielleicht sehr langsam erfolgendes und deshalb übersehenes — teilweises Erstarren der geschmolzenen Substanz würde wenigstens die Beobachtungen erklären können. Dafür spricht auch, dass gerade bei den untersuchten Gemischen der Schmelzpunkt, welcher sich nach aufgehobener Unterkühlung einstellt, meist merklich (0.15°) unter dem Punkt liegt, wo die Abkühlung sich verzögert: hier ist bereits ein so grosser Teil des sich zuerst fest abscheidenden Stoffes (Lösungsmittels) ausgefroren, dass der nachbleibende Rest eine höhere Konzentration und entsprechende Gefrierpunktserniedrigung zeigt ». R. Abegg.

Il Moreschini, con grande precisione, espose i fatti osservati ed illustrò l'andamento del fenomeno che aveva scoperto e che noi, in onore del modesto uomo di scienza, proporremmo di chiamare da qui in avanti « fenomeno Moreschini ».

Ecco quanto scriveva il Moreschini, il cui lavoro fu occasionato dagli studî che egli faceva sopra la fusione dei grassi:

..... « cominciai dall'osservare la velocità colla quale la colonna del termometro discende, mentre la sostanza si raffredda. Misurando il tempo che la colonna di mercurio impiegava a percorrere una divisione della scala del termometro ($^1/_5$ di grado), osservai che il movimento discendente viene ritardato in modo notevolmente uniforme e regolare.

[1] R. Moreschini, *Sopra un fenomeno che si verifica nel raffreddamento delle sostanze sovraffuse*, Gazzetta chimica italiana, vol. XXX, part. I, pag. 339, anno 1900.

« Così, p. es., a 55°, $^1/_5$ di grado è percorso in 6 minuti secondi; a 54°,8 in 6″,3; a 54°,4 in 6″,5; a 53° in 6″,10 ecc. Le frazioni di minuto secondo son date in ventesimi. Con tale progressione si scende regolarmente, supponiamo, fino a 56°,6, dove la colonna del termometro percorre una divisione della scala in 8″. A questo punto, giusta le premesse, si potrebbe prevedere che la divisione successiva a 46°,2 venisse percorsa in 8″,5 circa. Invece si trova che la colonna del termometro a 46°,2 percorre $^1/_5$ di grado in 10″, presentando così un notevole rallentamento. Dopo questo rallentamento, la colonna riprende il movimento regolare, sebbene con andamento più ritardato che prima non fosse: e per tornare al caso pratico, si ha che a 45°,8 una divisione della scala è percorsa in 10″,10; a 45°,4 in 11″; a 45° in 11″,10 ecc.

« Determinato il punto di congelamento nelle condizioni che saranno poscia descritte, si trova che esso avviene costantemente vicinissimo od uguale alla temperatura in cui si è constatato il rallentamento dianzi descritto, a seconda delle varie sostanze.

« Questo rallentamento è un fenomeno che si ripete ad un dato momento, tanto per gli acidi grassi e loro miscugli, come in genere per le sostanze cristallizzabili nelle quali avviene sopraffusione, sia essa proprietà specifica come nel timolo e nell'anetolo, sia provocata come nell'acido acetico.

« Nelle sostanze che non hanno la proprietà di restare sopraffuse, il rallentamento non può essere avvertito altrimenti che provocando la sopraffusione.

« Una circostanza che mi sembra notevole di accennare, è che nelle sostanze pure, aventi o no sopraffusione, il punto di congelamento ed il rallentamento avvengono alla stessa temperatura, mentre nei miscugli di acidi grassi, specialmente in presenza di molto acido oleico, il punto di congelamento è di circa 0°,15 inferiore alla temperatura in cui si è osservato il rallentamento.

« Nella tabella seguente sono esposti alcuni dati che dimostrano la coincidenza del punto di rallentamento con quello di congelamento di varie sostanze.

	Punto di rallentamento	Punto di congelamento	Differenza
	°	°	
Miscuglio di acidi grassi A	48,80	48,65	+ 0,15
» » B	45,60	45,60	+ 0,10
» » C	40,95	40,80	+ 0,15
» » D	17,65	17,50	+ 0,15
Timolo	49,40	49,35	+ 0,05
Anetolo	18,50	18,45	+ 0,05
Acido acetico	13,10	13,10	+ 0,00

« È inoltre da rilevare come per il timolo, l'anetolo e l'acido acetico, il punto di rallentamento osservato coincida con il punto di fusione, trovato rispettivamente a 49°,40 - 18°,50 - 13°,10.

« Le sostanze che non congelano nei limiti di una temperatura facile a raggiungere, e quindi comunemente ritenute incristallizzabili, come l'alcool, l'essenza di tre-

mentina, il cloroformio, esaminate nelle stesse condizioni delle sostanze cristallizzabili, non presentano anomalie durante il raffreddamento, e la colonna termometrica discende sempre con moto regolarmente ritardato.

« Qui è da notare che allorquando la temperatura interna è molto vicina alla temperatura ambiente, l'irradiazione del calore diviene sempre più lenta, in modo che la misura della velocità della colonna termometrica riesce spesso assai malagevole e quindi poca esatta; da ciò la condizione indicata in seguito, di avere nell'esperienza un certo dislivello fra la temperatura ambiente ed il punto di congelamento della sostanza.

» Siccome dopo avvenuto il rallentamento, lasciando la massa in quiete, si osserva che la colonna riprende un movimento ritardato ma regolare, si potrebbe supporre che in quell'istante succeda un movimento interno nella posizione delle molecole. Nel variare il loro aggruppamento, si produrrebbe un lavoro e conseguente sviluppo di calore, in modo da turbare la regolare emissione del calore di irradiamento, osservata prima del fenomeno.

. . . . . .

. . . . . .

« Sembra quindi che il complesso dei fatti accennino realmente ad un fenomeno interno ben determinato, ed il rallentamento della colonna termometrica, testè descritto, non sia accidentale, nè tanto meno sia prodotto da un'anomalia nell'irradiamento del calore dipendente da cause esterne ».

« Le esperienze sono state eseguite in un apparecchio simile a quello adoperato dal Girard e dal Wolfbauer, formato cioè di un vaso esteriore cilindrico, piuttosto largo e della capacità di circa un litro, e munito di un termometro. Per mezzo di un turacciolo sospendevo nel vaso un tubo da assaggio del diametro di 22-25 mm. che doveva contenere la sostanza da esaminare. Nelle esperienze ho adoperato sempre 20 grammi di sostanza. Per altro, un aumento nella quantità di essa, come le dimensioni del tubo d'assaggio, non hanno variato sensibilmente i risultati finali, ed il fenomeno del rallentamento avviene regolarmente come sempre.

« Messa la sostanza nel tubo d'assaggio immergevo in essa un termometro normale con scala a $^1/_5$ di grado: ed osservando che le condizioni dianzi esposte fossero soddisfatte, collocavo il tubo d'assaggio nel vaso ambiente, avendo cura che la sostanza si trovasse nello spazio centrale del vaso ambiente, ed il bulbo del termometro interno fosse al centro della massa.

« Messo così a posto l'apparecchio, esaminavo la velocità della colonna del termometro, lasciando la massa in quiete fino a che non osservavo il noto rallentamento.

« A questo punto agitavo la massa col termometro in tutti i sensi, fino a che la colonna del mercurio raggiungeva un massimo di abbassamento. Appena cominciava una nuova risalita della colonna, a causa del calore che si svolge per la cristallizzazione, sospendevo l'agitazione, e, data al termometro interno la posizione primitiva, attendevo che la colonna del mercurio avesse raggiunto il punto massimo di innalzamento, ove rimane stazionaria anche per due minuti primi. Leggevo questa temperatura, che tenevo come punto di congelamento.

« Si potrebbe anche praticare l'agitazione continua durante tutta l'esperienza senza per questo turbare in nessun modo il fenomeno del rallentamento; ma per i miscugli di acidi grassi specialmente, i risultati migliori si ottengono con un'agitazione solo temporanea e nel modo descritto ».

« Richiamo l'attenzione sul fatto nuovo e non previsto, che sembrerebbe esistere un comportamento speciale delle sostanze sovraffuse in vicinanza della temperatura che corrisponde al punto di fusione: qualche cosa di simile, ma in modo assai meno evidente, constatò il Bruner per il calore specifico del timolo e dell'iposolfito sodico ».

Nemmeno la Memoria del Moreschini ebbe la virtù di richiamare su tali fenomeni l'attenzione degli esperimentatori, nè d'altra parte il Moreschini potè, per le molte cure inerenti al suo ufficio, proseguire nelle ricerche. Poco dopo la pubblicazione del Moreschini, T. Gnesotto e G. Zanetti (1), eseguendo misure di calore specifico pure sul tiosolfato sodico, confermarono sostanzialmente l'osservazione del Bruner trovando che il massimo del calore specifico si ha a 8° sopra il punto di fusione e si ha poi un minimo fra i 60° e gli 80°; ed infine poi recentemente T. Gnesotto e G. Fabris (2) trovarono per il calore specifico dell'acetato sodico idrato un massimo seguìto da un minimo per temperature di poco superiori a quella di fusione (57°,8). Di altri lavori risguardanti le sostanze sovraffuse dal punto di vista che ci interessa dobbiamo accennare alle ricerche di O. Scarpa, il quale mise in rilievo che nella curva rappresentante le variazioni di viscosità del fenolo sovraffuso non vi è nessun punto singolare in corrispondenza colla temperatura di fusione (3). Recentemente poi E. Carlinfanti e M. Levi-Malvano (4) rilevarono l'importanza del fatto scoperto dal Moreschini. Essi non trovarono, per i loro miscugli, nulla di anomalo allo stato liquido; ma bisogna dire che la sopraffusione nelle loro esperienze era brevissima. Il passaggio allo stato solido avveniva, o veniva provocato, ad una temperatura di poco inferiore a quella del punto di fusione. F. Hoffmann e R. Rothe (5), in esperienze di raffreddamento dello zolfo liquido, notarono una particolarità nei pressi di un supposto punto di trasformazione (160°); particolarità che viene espressa con una specie di regresso sulla curva rappresentativa. Ma, dato il diverso scopo dei loro studii, non protrassero gli esperimenti fino al punto di fusione.

Noi ci siamo proposti in questa prima Memoria, alla quale altre presto faranno seguito, di studiare più profondamente e con metodi più perfezionati il « fenomeno Moreschini » prima di tutto estendendo il campo sperimentale, cioè esaminando molte

(1) T. Gnesotto e G. Zanetti, *Sul calore specifico dell'iposolfito di sodio sopraffuso*, Atti del R. Ist. Veneto di Scienze ecc., tomo LXII (1902-1903), part. VI, pag. 1377.

(2) T. Gnesotto e G. Fabris, *Su alcune costanti termiche dell'acetato di sodio idrato*, Atti del R. Ist. Veneto di Scienze ecc., tomo LXX (1910-1011), part. VI, pag. 471.

(3) O. Scarpa, *Determinazione della viscosità del fenolo allo stato liquido*. Nuovo Cimento serie V, vol. V (1903), pag. 117.

(4) E. Carlinfanti e M. Levi-Malvano, *Sopra i punti di fusione e solidificazione delle sostanze grasse (miscele binarie e ternarie)*. Gazz. Chimica Ital., anno 1909, parte II, pagg. 353 e 375.

(5) F. Hoffmann e R. Rothe, *Ueber eine Zustandsänderung des flüssigen Schwefels*. Z. f. physik. Chemie, *55* (1906), pag 113.

sostanze che presentano il fenomeno della sovraffusione, per stabilire se il fenomeno, in grado minore o maggiore, è presentato dalla materia allo stato di sovraffusione in genere: se cioè per tutte le sostanze sovraffuse si ha, passando per la temperatura di fusione, il « fenomeno Moreschini », oppure se questo è presentato da alcune soltanto. Inoltre ci proponemmo di studiare anche le variazioni di altre proprietà fisiche per stabilire se, eventualmente, per alcune di esse, si abbiano singolarità in corrispondenza a quella temperatura. Tutto questo allo scopo di penetrare possibilmente nella essenza di questo fenomeno che, evidentemente, è di natura molecolare, cercando di metterlo in relazione con le diverse proprietà fisiche delle sostanze esaminate. In questa prima Memoria riferiremo prima di tutto sulle curve di raffreddamento, che il Moreschini non si era occupato di tracciare, e sopra una di riscaldamento, di varie sostanze, opportunamente scelte, e che presentano il fenomeno della sovraffusione; inoltre studiamo anche le contrazioni che si hanno durante il raffreddamento, le variazioni di volume, quelle nel calore specifico e nella tensione superficiale, e ciò limitatamente a quelle sostanze che più manifestamente presentano il fenomeno Moreschini, e sempre esprimendo, anche graficamente, le variazioni.

In altre Memorie, oltre ad estendere molto il materiale delle indagini, riferiremo sopra la determinazione di altre proprietà fisiche delle sostanze sovraffuse che presentano il « fenomeno Moreschini » ed anche cercheremo di studiare il fenomeno stesso con metodi di maggiore delicatezza e precisione di quelli sin qui adoperati.

Rispetto alla scelta delle sostanze, abbiamo preferito di esperimentare su quelle che presentano più nettamente e più stabilmente il fenomeno della sovraffusione, giacchè altrimenti le determinazioni riescono poco sicure e di dubbia interpretazione. Tutte quelle da noi impiegate lo presentano in grado eminente; in grado elevatissimo il timolo, che può mantenersi liquido anche a temperature assai basse, per un tempo indefinito. Non ci fu possibile invece di tener sovraffuso l'acido palmitico per un intervallo di temperatura superiore ad 1°: e per l'acido miristico, e specialmente per il laurinico, la sovraffusione si manifesta incerta, e in ogni modo, piccolissima, non ostante le precauzioni prese per provocarla. Alcune sostanze le scegliemmo analoghe a quelle che presentano assai pronunciato il « fenomeno Moreschini »; altre invece ne scegliemmo appartenenti a gruppi del tutto differenti chimicamente.

Le sostanze esaminate furono in generale purificate con tutte le cure, e ne fu diligentemente verificato il punto di fusione. Nella seguente tabella diamo il nome delle sostanze esaminate, la loro formula, l'origine, il metodo di purificazione e il punto di fusione. Nelle due tabelle susseguenti diamo per le sostanze esaminate alcune costanti fisiche che hanno relazione con i fenomeni di sovraffusione, e che si potrebbe presumere dovessero stare in relazione, sia principalmente colle singolarità presentate dalle sostanze stesse in rapporto col « fenomeno Moreschini », sia colle altre proprietà fisiche (1).

(1) La maggior parte dei numeri che si trovano nella prima delle due tabelle sono tolti dalla Memoria di G. Bruni e M. Padoa, *Sulle relazioni fra le proprietà dei vari corpi come solventi crioscopici e le loro costanti di cristallizzazione*, Gazz. chim. ital., *34*, 1, 105, anno 1904.

Tabella I.

NOME	FORMOLA	PROVENIENZA	PURIFICAZIONE	PUNTO DI FUSIONE
Acido formico	$H \cdot COOH$	Preparato dal formiato di piombo, scomposto con H_2S secco.	Per distillazione e cristallizzazione	7,5°
Acido acetico. . . .	$CH_3 \cdot COOH$	C. Erba	Per ripetute cristallizzazioni	16,5
Acido laurinico . . .	$C_{12} H_{24} O_2$	C. A. F. Kahlbaum	—	43,5
Acido miristico . . .	$C_{14} H_{28} O_2$	Id.	—	52,5
Acido palmitico . . .	$C_{16} H_{32} O_2$	Id.	—	62,4
Benzolo.	$C_6 H_6$	C. Erba	Per distillazione: 1°) su ossido di calcio; 2°) sul sodio.	5,3
Fenolo	$C_6 H_5 \cdot OH$	Id.	Per ripetute cristallizzazioni	38,0
Timolo	$(CH_3)_2 CH \cdot C_6 H_3 (CH_3) OH$	Id.	Per cristallizzazione dall'alcool	49,4
Anetolo.	$CH_3 \cdot CH : CH \cdot C_6 H_4 \cdot O \cdot CH_3$	C. A. F. Kahlbaum	Id.	21,0
Salolo	$OH \cdot C_6 H_4 \cdot COO \cdot C_6 H_5$	Prodotto farmaceutico	—	41,1
Apiolo	$CH_2 \langle O \rangle C_6 H (C_3 H_5) (OCH_3)_2$	H. König	—	28,9
Alcool cinnamico . .	$C_6 H_5 \cdot CH : CH \cdot CH_2 \cdot OH$	C. Erba	Per cristallizzazione	30,7
Acetato sodico . . .	$CH_3 \cdot COONa$, 3 acq.	C. A. F. Kahlbaum	—	58,2
Tiosolfato sodico . .	$Na_2 S_2 O_3$, 5 acq.	C. Erba	—	45,1
Acqua	$H_2 O$	Distillata comune	Per distillazione e ripetute cristallizzazioni	0,0
Solfo	S	Fiori di solfo	Per cristallizzazione dal solfuro di carbonio	109,5

Tabella II.

NOME	TEMPERATURA	CALORE DI FUSIONE		VELOCITÀ DI CRISTALLIZZAZIONE (1) K. G.	NUMERO DEI GERMI (1) K. Z.
		Per un kg.	Per 1 grammo molecola		
Acido formico (Pettersson)	—7°,5	57,38	2,6	notevole (B. P.)	—
» (Berthelot)	—8°,6	52,61	2,4	—	
Acido acetico (Pettersson)	2°,9 a 5°,6	43,66	2,6	grande (B. P.)	—
» (Marignac)	al punto di fusione	46,4	—	—	
» (De Visser)	—	46,3	—	—	
» (I. Meyer)	—	45,82	—	—	
Acido laurinico (Guillot)	—	28,0	5,6	—	—
» (Stohmann e Wilsing)	44°	43,69	8,7	—	
Acido miristico (Stohmann e Wilsing)	53°,8	47,48	10,8	—	—
Acido palmitico (Guillot)	—	28,5	7,3	minima (B. P.)	I (B. P.)
» (Bruner)	55°,0	39,2	10,0	—	
Benzolo (Pettersson e Widmann)	1°,95	29,09	2,3	grande (B. P.)	—
» (Fischer)	5°,3	30,08	2,35	—	
» (Ferche)	5°,4	30,18	2,35	—	
» (Pickering)	5°,41	29,43	2,3	—	
» (Bogojawlensky)	5°	30,7	2,4	—	
» (Demerliac)	—	30,3783	—	—	
» (I. Meyer)	—	30,39	—	—	
Fenolo (Pettersson e Widmann)	25°,37	24,93	2,3	assai grande (B. P.)	II (T.)
Timolo (Berthelot)	—	19,86	2,98	—	
» (Eykman)	48°,2	27,5	4,2	—	—
Anetolo (Eykman)	20°,1	27,3	—	6,0 a 11°; max. 180 (B. P)	IV (B. P.)

(1) In questa colonna (B. P.) significa Bruni e Padoa; (F. T.) Friedländer e Tammann; (T.) Tammann. Per i dati dell'ultima colonna è da avvertire che essi derivano dalla classificazione dei liquidi in quattro categorie, proposta da Tammann, secondo l'ordine decrescente del numero dei germi che si formano per un dato sopraraffreddamento.

Segue: **Tabella II.**

NOME	TEMPERATURA	CALORE DI FUSIONE		VELOCITÀ DI CRISTALLIZZAZIONE (1) K. G.	NUMERO DEI GERMI (1) K. Z.
		Per un kg.	Per 1 grammo molecola		
Salolo (Garelli e Gorni)	43°	16,3	—	1,2 a 34°,5; max. 4.0 (F. T.)	IV (B. P)
Apiolo (Tammann)	22°,35	25,2	—	2,4 a 24°,5; max. 7,7 (B. P.)	IV (T.)
» »	al p. di fus. 29°,26	25,8	—	—	
Alcool cinnamico	—	—	—	—	—
Acetato sodico (Gnesotto e Fabris)	0°	38,9 ± 0,1	—	—	—
Tiosolfato sodico (Trentinaglia)	9°,86	37,6	9,3	—	—
» (Zanetti)	0°	35,7	—	—	
Acqua (Person)	—2° a —21°	80,02	1.4	—	—
» (Hess)	—3° a —13°,6	80,34	1,45	—	
» (Pettersson)	—6°,62	75,99	1,4	—	
» »	—6°,50	76,03	1,4	—	
» »	—6°,28	75,94	1,4	—	
» »	—4°,995	76,60	1,4	—	
» »	—2°,8	77,71	1,4	—	
» (Zakrzewski)	—0°,7	78.26	1,4	—	
» (Person)	0°	79,25	1,4	—	
» (Regnault)	0°	79,06	1,4	—	
» »	0°	79,25	1.4	—	
» (Bunsen)	0°	80,025	1,4	—	
» (Arthur W. Smith)	0°	79,91 ± 0,02	1,4	—	
» (Desains)	0°	79,24	1,4	—	
Solfo [romb.] (Person)	115°	9,37	0,3 (p. gr. atomo)	—	—

Tabella III.

NOME	ABBASSAMENTO MOLECOLARE DEL PUNTO DI CONGELAMENTO (trovato sperimentalmente)
Acqua (Raoult)	18,5
» (Nernst e Abegg)	18,6
» (Abegg)	18,4
» (Raoult)	18,5
» (Loomis)	18,6
» (Hausrath)	18,5
Acido acetico (Raoult)	39
Acido formico (Raoult)	28
» (Zanninovich-Tessarin)	27,7
Acido laurinico (Eykman)	44
Acido palmitico (Eykman)	44
Benzolo (Raoult)	49
» (Paternò)	51,2
Fenolo (Eykman)	74
» (Eykman)	72,7
Timolo (Eykman)	80
Anetolo (Eykman)	63
Salolo (Garelli e Gorni)	123

Rispetto alle proprietà fisiche che abbiamo studiato in questa prima Memoria, oltre di aver ripetuto, come abbiamo detto, con tutta l'esattezza e l'estensione, le determinazioni sulle variazioni nel modo di raffreddarsi e di riscaldarsi delle sostanze sovraffuse, abbiamo poi determinato il calore specifico, limitatamente all'anetolo e all'acido acetico (il timolo essendo già stato studiato dal Bruner), certi che anche rispetto al calore specifico, come diremo più estesamente a suo tempo, si dovevano manifestare le singolarità, giacchè il rallentamento nel raffreddarsi altro non significa se non uno sviluppo di calore nella sostanza sovraffusa che spontaneamente si ha nel liquido stesso: e, conseguentemente, nella determinazione del calore specifico si deve ciò manifestare come un aumento, ammesso sempre che i metodi esperimentali impiegati siano della sensibilità sufficiente per mettere in evidenza le variazioni. Inoltre, giudicando che il fenomeno debba essere di natura molecolare e che debba trattarsi di una maggior agglomerazione nelle molecole o di una maggiore loro velo-

cità, studiammo altre proprietà che fossero atte a svelarci cambiamenti di simile natura nelle vicinanze del punto di fusione; in questa prima Memoria specialmente abbiamo preso in considerazione proprietà che potessero illuminarci sopra una possibile associazione avvenuta tra le molecole delle sostanze esaminate.

Nel 1° capitolo di questa Memoria trattiamo del sistema grafico dei diagrammi; nel 2°, del raffreddamento e del riscaldamento delle sostanze sovraffuse, ossia del « fenomeno Moreschini », sia per le specie chimiche pure, sia per alcuni miscugli di esse con piccole quantità di altre sostanze; nel 3°, delle contrazioni che avvengono durante il raffreddamento; nel 4°, dei cambiamenti di volume determinati col metodo picnometrico; nel 5°, dei calori specifici; nel 6°, della tensione superficiale o della grandezza molecolare allo stato liquido; nel 7°, delle conclusioni generali e nell' 8 riassumiamo.

I.

Sistema grafico dei diagrammi. Curve differenziali.

Per esprimere graficamente, con curve, le variazioni nel raffreddamento di un corpo in funzione delle variazioni del tempo, il metodo più comunemente seguito è quello di riportare sopra uno degli assi coordinati le successive temperature e sull'altro i tempi successivi corrispondenti; si hanno così le ordinarie curve di raffreddamento, delle quali tanto si fa uso nello studio delle leghe ed in genere dei miscugli, ecc.

Ma il metodo di esperimentare del Moreschini, al quale noi in principio ci siamo voluti attenere strettamente, portava ad un altra rappresentazione, cioè ad esprimere le successive velocità di raffreddamento (tempo impiegato a percorrere una determinata divisione del termometro) in funzione dei tempi successivi: in altri termini, invece che le temperature, venivano a prendersi come termini di riferimento, come variabili, i quozienti delle differenze $\frac{dt}{dp}$, o, non parlando con tutto il rigore, i quozienti differenziali o derivate. Il sistema Moreschini, in altri termini, portava con sè a quella rappresentazione grafica che viene più o meno propriamente chiamata delle curve differenziali, nelle quali cioè invece di esprimere con x e y i valori delle coordinate, si esprimono con $\frac{dx}{dy}$ e con y: assumendosi pel solito con dx e con dy delle differenze calcolate dalle esperienze o determinate direttamente, come è stato praticato negli studî da noi eseguiti.

Di queste curve differenziali si è parlato molto, e molto discusso, in un certo periodo della Chimica fisica quando il Mendeleeff, esprimendo le variazioni del peso

specifico delle soluzioni acquose di acido solforico ed alcool in funzione del percentuale in acido solforico o in alcool, invece che nel solito modo, col quale ci si riferisce ai valori di s e di p, prese come coordinate i valori di $\frac{ds}{dp}$ e di p: in altri termini si riferì ai quozienti differenziali, o derivate, o, per dir meglio, ai quozienti delle piccole differenze successive che si avevono nei valori del peso specifico per la corrispondente differenza nel percentuale. Ricorrendo a questa rappresentazione credette il Mendeleeff di poter dimostrare l'esistenza di varî idrati sia per l'acido solforico che per l'alcool, giacchè con tale rappresentazione non si aveva più un'unica curva, ma diverse rette ciascuna corrispondente a un determinato idrato: il che portava con sè che la corrispondente curva integrale avrebbe dovuto essere del 2° ordine, o, per dir più esattamente, che in realtà dovevano essere tante curve integrali del 2° ordine quante erano le rette che si avevano per le curve differenziali. Molto si discusse su queste conclusioni del Mendeleeff, notevolissime ad ogni modo perchè furono un primo accenno, un primo tentativo per la teoria degli idrati in soluzione. Alcuni credettero che non si dovesse attribuir loro molta importanza in quanto che i valori $\frac{ds}{dp}$ venivano ad esser troppo affetti degli errori sperimentali e quindi non abbastanza sicuri per poterli prendere come base di teorie scientifiche; e calcoli appositamente istituiti sembrarono confermare queste vedute. Ad altri parve questo un campo assai fecondo di ricerche, e diversi esperimentatori, così Sp. U. Pickering, Crompton, F. Lupton, A. W. Ruecker si occuparono in varie direzioni dell'argomento, riferendosi anche ad altre proprietà fisiche, come la conducibilità elettrica, e prendendo in considerazione, oltre che le derivate prime, anche le derivate seconde, adottando le quali si giungeva a stabilire anche un numero maggiore di idrati in soluzione. Si era allora in quel tempo in cui si cercava di sostituire, in Inghilterra, alla teoria della dissociazione elettrolitica dell'Arrhenius una teoria degli idrati: notevole è a questo proposito la difesa dell'Arrhenius stesso a proposito dei lavori del Pickering; così egli si esprime: « il Pickering, riferendosi alle derivate seconde del peso specifico $\frac{d^2s}{dp^2}$, arriva a 17 linee rette corrispondenti a 16 idrati. Allora le variazioni del peso specifico vengono rappresentate da 17 equazioni di terzo grado con 68 costanti arbitrarie, ciò che in realtà equivale ad una *reductio ad absurdum* ». E non vi è dubbio che, nella maggior parte dei casi, le relazioni trovate mancavano di base sperimentale, ossia si poggiavano su valori non affatto sicuri; ed a questo fatto si doveva la grande complicazione dei risultati, ossia il grande numero di idrati che si venivano a stabilire.

Il calcolo di tali valori, più o meno propriamente chiamate derivate prime e derivate seconde, si può fare in diversi modi: si potrebbe partire dalle curve integrali, opportunamente regolarizzate se occorre, e ottenere i valori differenziali, oppure anche, e questo è il metodo più seguito, stabilire un certo intervallo di una delle variabili e dividerlo per l'intervallo corrispondente dell'altra variabile; si avrebbero così i primi quozienti differenziali: facendo poi le differenze tra due quozienti differenziali successivi e dividendole per le differenze corrispondenti dei valori dell'altra

variabile, si avrebbero i quozienti differenziali secondi o derivate seconde. Ma su questo argomento non insisteremo e ci basta di averlo accennato (1).

Non vi è dubbio che certi cambiamenti che non si avvertono, o si avvertono appena, nelle curve integrali, dove si manifestano al più come un leggero cambiamento nella curvatura, assumono invece nelle curve differenziali l'aspetto di vere discontinuità, onde crediamo, in genere, utile questo modo di rappresentazione; d'altra parte è innegabile il pericolo che le curve differenziali presentano, quando si vengono a considerare delle differenze che rientrano, o totalmente, o parzialmente, negli errori di osservazione: si può credere di aver trovato delle singolarità importanti nel fenomeno, mentre tutto dipende dai valori poco sicuri e saltuari che si sono presi in considerazione.

Riguardo al fenomeno del raffreddamento è innegabile che le solite curve nulla, o quasi, ci avrebbero detto, perchè nessuna importanza si sarebbe attribuita — come in realtà era accaduto — a certe piccole deviazioni di curvatura che pure innegabilmente spesso si hanno in vicinanza del punto di fusione. E se il Moreschini non avesse avuto la felice idea di studiare il fenomeno con metodo differenziale — rallentamento di velocità — le anomalie sarebbero sfuggite agli attuali mezzi di indagine. Si sono esse invece manifestate più facilmente per il calore specifico che, come è evidente, è già di per sè un valore diremo così differenziale.

Noi, come più estesamente diremo quando ne verrà l'opportunità, abbiamo cercato di esprimere con curve l'andamento delle proprietà fisiche studiate, sia nel modo consueto, sia nel modo differenziale: però quando, adottando il metodo differenziale, era evidente che si venivano a considerare valori che, su per giù, rientravano negli errori di osservazione, non abbiano riportato le curve, che in tali casi si presentavano come piccole rette a zig-zag senza nessuna regolarità.

Per orientarsi, riguardo alle curve che accompagnano questo lavoro, sarà utile riferirsi al seguente specchietto:

(1) Per una maggiore cognizione dell'argomento rimandiamo alle seguenti Memorie:

Mendeleeff. *Compounds of Ethyl alcohol with water.* Journ. Chem. Soc. *52*, 778 (1887); *Das spezifische Gewicht der Schwefelsäure-Lösungen.* Zeitschrift f. phys. Chemie *1*, 273 (1887).

Crompton, *Extension of Mendeleeffs' theory of the solutions to the electrical conductivity of the acqueous solutions.* Journ. Chem. Soc. *53*, 116 (1888).

Arrhenius, *Electrolytic Dissociation versus Hydratation.* Phil. Mag. *28*, 30 (1889).

Pickering, *The nature of Solutions, represented by the Study of density, electrical conductivity, thermic capacity, solutions' heat and thermic dilatation of solutions of Sulphuric acid.* Journ. Chem. Soc. *57*, 64 (1890).

Lupton, *On the reduction of the results of Experiments with special reference to the Hydrate-theory of solutions.* Phil. Mag. *31*, 418 (1891).

Ruecker, *On the relation between the density and compounds of dilute Sulphuric acid.* Phil. Mag. *32*, 304 (1891).

Pickering, *The densities of Sulphuric acid solutions.* Chem. News *64*, 311 (1891); Phil. Mag. *33*, 132 (1892).

Lunge, *The density of Sulphuric acid Solutions.* Chem. News *65*, 13 (1892).

VALORE DELLE SINGOLE DIVISIONI (1) DEGLI ASSI NEI DIAGRAMMI DELLE VARIE TAVOLE.

TAVOLE E FIGURE	ASCISSE	ORDINATE
Fig. 1, 2, 3, 4 della tavola I Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 della tavola II La curva di riscaldamento (tav. II)	1 divis. = $^1/_4$ di grado cent.	1 divis. = 1 min. sec.
Fig. 5, 6, 7 della tavola I Fig. 7 della tavola II	1 divis. = $^1/_2$ grado cent.	1 divis. = 1 min. sec.
Tutte le figure della tavola III Fig. 1 e 2 della tavola IV	1 divis. = 1 min. primo	1 divis. = $^1/_2$ grado cent.
Fig. 3 della tavola IV	1 divis. = $^1/_2$ min. primo	1 divis. = $^1/_{20}$ di grado cent.
Tutte le figure della tavola V	1 divis. = $^1/_2$ grado cent.	1 divis. = $^1/_2$ cm.
Tutte le figure della tavola VI	1 divis. = 1 grado cent.	1 divis. = 0,005 cm^3
Le fig. 1 e 2 delle tavola VII	1 divis. = 1,25 gr. cent.	1. divis. = 0,01 un. del calore specifico.
Le fig. 3 e 4 della tavola VII	1 div. = 2,5 gr. cent.	1. divis. = 0,005 un. dal calore specifico.
Le due figure della tavola VIII	1 divis. = $^1/_4$ di grado cent.	1 divis = 0,05 un. del cal. sp.
La figura della tavola IX	1 divis. = 2,5 gradi cent.	1 divis. = 0,5 un. della tens. sup.

(1) Ognuna di queste divisioni corrisponde, nei diagrammi originali costruiti su carta millimetrata, a $^1/_2$ centimetro.

II.

Esperienze di raffreddamento e di riscaldamento.

L'apparecchio che ha servito per tutte le esperienze di raffreddamento, salvo per quelle sullo solfo, e che è riprodotto nella figura 1, è così costituito:

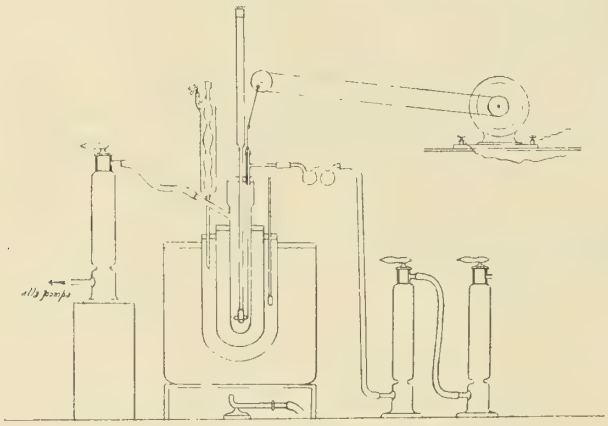


Fig. 1.

Il recipiente che deve contenere il liquido da esaminare ha la forma di una comune provetta di Beckmann chiusa superiormente da un tappo a due fori. Per uno di questi passa il termometro; per l'altro un tubo a T, nel cui interno può scorrere un agitatore di platino ad anello. L'apertura superiore del tubo a T termina con una membrana elastica che, legata convenientemente al tubo e all'agitatore, lascia liberi i movimenti di va e vieni di questo (1). L'energia è fornita da un motore elettrico, e vien trasmessa per mezzo di una puleggia munita di eccentrico adatto. Il tubo laterale della provetta di Beckmann, come pure quello orizzontale del tubo a T, sono uniti con congiunzioni di gomma, all'apparecchio essiccante che descriveremo in sèguito.

La provetta si trova entro un'altra, poco più larga, di vetro, e questa a sua volta entro un manicotto pure di vetro, destinato a contenere i liquidi o le soluzioni che, scaldati all'ebullizione o lasciati congelare, debbono darci quell'ambiente a temperatura costante del quale abbiamo bisogno. Il tappo del manicotto ha anch'esso due fori, uno per un termometro e l'altro per un refrigerante verticale,

(1) M. Moulin, *Sur l'emploi des courbes de refroidissement pour la détermination du point cryoscopique d'une solution,* Journal de Chimie physique (1910), pag. 321.

in cui, quando è il caso, si condensa il vapore ricadendo nell'apparecchio. Il tutto è mantenuto sospeso, per mezzo di adatti sostegni (di cui abbiamo omesso il disegno), in un largo vaso, sempre di vetro, contenente acqua o miscugli refrigeranti, secondo che si voglia riscaldare il liquido del manicotto a bagno-maria (nella figura si vedono anche il treppiedi e la lampada) o farvi congelare la soluzione. L'apparecchio essiccante comprende due torri a cloruro di calcio, delle quali la prima è in comunicazione coll'aria esterna, e due bolle ad acido solforico, congiunte al ramo trasversale del tubo a T per cui passa l'agitatore. La tubulatura laterale della provetta di Beckmann è congiunta, a sua volta, con l'interposizione di un'altra torre a cloruro di calcio, con un aspiratore ad acqua. In tal modo, sul liquido da esaminare circola, durante le esperienze, una atmosfera asciutta, e questa atmosfera resta invariata nel riposo. Avvertiamo che, nella figura, la provetta di Beckmann e quella che immediatamente la circonda sono disegnate, in proporzione al resto, assai più grandi.

Per il raffreddamento dello solfo abbiamo adoperato un dispositivo diverso.

Una provetta, discretamente larga e resistente, serve a contenere la sostanza, che vi si introduce solida e vien poi fusa in un bagno di acido solforico. Si immerge allora nel liquido fuso un termometro diviso in gradi, assicurato ad un tappo che chiude la provetta, e la provetta così preparata si colloca rapidamente nello spazio cilindrico centrale di un vaso di metallo a doppia parete, rivestito esternamente di feltro. Nell'intercapedine circola vapor d'acqua, fornito da un generatore posto in basso. Il vapor d'acqua, alla sua uscita dal vaso, si condensa in un refrigerante verticale ed è ricondotto nel generatore. Lo spazio centrale è riempito di olio. In tal modo si può far avvenire il raffreddamento del liquido in un ambiente che possiede una temperatura di circa 90°, senza che le oscillazioni di questa temperatura siano superiori ad un grado.

Le esperienze venivano eseguite in questo modo:

Si introduceva il corpo solido nella provetta di Beckmann, e si faceva fondere in un adatto bagno, applicando poi subito il termometro. Quando questo aveva raggiunto una temperatura più elevata (in genere di 10 o 15 gradi) di quella del punto di fusione del corpo, si trasportava la provetta nel posto ad essa assegnato nell'apparecchio descritto (vedere la figura), ed ivi si lasciava raffreddare.

Per mezzo di liquidi adatti, come, ad esempio, etere etilico, fatti bollire nel manicotto, o soluzioni fattevi solidificare, si era intanto fornita all'apparecchio una adatta temperatura, e si badava che questa si mantenesse costante entro il grado. A seconda della velocità del raffreddamento che si voleva ottenere, si faceva in modo che la temperatura dell'apparecchio fosse di 15°, di 10°, ed anche di un minor numero di gradi, inferiore a quella del punto di fusione del corpo esaminato. È condizione essenziale che il dislivello di temperatura non sia troppo grande, altrimenti le esperienze non riescono bene, ed è più difficile che sieno concordanti da una volta all'altra, troppo grande essendo la velocità di raffreddamento: è bene fare in modo che le velocità di raffreddamento non sieno molto diverse fra loro per le varie sostanze. Quando era possibile, l'apparecchio si teneva a temperatura ambiente. Si eseguivano esperienze tenendo il liquido in quiete, agitandolo in prossimità del punto di fusione,

od anche agitandolo in modo continuo, e allora si badava che l'agitazione fosse lenta e il più possibilmente regolare.

Per la determinazione delle temperature ci siamo serviti il più delle volte di un termometro di Beckmann (diviso in centesimi di grado), il quale veniva convenientemente regolato; ma in altri casi abbiamo adoperato un buon termometro diviso in decimi, e ciò quando abbiamo voluto osservare il raffreddamento della sostanza per un grande intervallo di temperatura. Questo era necessario di fare per i miscugli di cui in seguito parleremo; potendo in essi esistere due punti singolari: il punto di fusione originario della sostanza, e quello di congelamento della soluzione. Del termometro in decimi controllammo lo zero e il cento. Per lo solfo il termometro usato era diviso soltanto in gradi. Per la misura del tempo abbiamo adoperato un cronometro a tre arresti, col quadrante graduato in secondi e quinti di secondo.

Le letture sono state fatte in due modi:

In alcune esperienze abbiamo determinato i tempi necessarî perchè la colonna di mercurio percorresse le successive divisioni della scala termometrica (decimi di grado, mezzi gradi, gradi, secondo i casi), e ciò solo per le divisioni alterne. Ecco il modo esatto di procedere:

Mentre il mercurio della colonna termometrica passa, supponiamo, per la divisione 2,4 della scala, si fa scattare la molla di arresto del contasecondi mettendo questo in moto. Appena il menisco di mercurio tocca la divisione 2,3, con un secondo scatto si arresta il contasecondi. Subito si legge e si annota il tempo trascorso. La velocità di raffreddamento, nelle nostre esperienze, è tale che una delle divisioni considerate non viene mai percorsa in meno di 9 secondi. Annotato il numero letto, si dà un terzo scatto al cronometro la cui lancetta ritorna allo zero. Ma intanto qualche po' di tempo è passato e, il raffreddamento del liquido continuando, il mercurio del termometro ha seguitato ad abbassarsi nel capillare. Cosicchè noi non abbiamo potuto esperimentalmente determinare in quanto tempo vien percorsa la divisione successiva a 2,3, ossia quella 2,3 - 2,2. Appena il menisco del mercurio passa per 2,2, si inizia una seconda lettura, e così via. Naturalmente, si sarebbero potute fare letture in modo continuo, operando con due cronometri, ed insieme, meglio ancora, facendosi le esperienze da due osservatori: ma ciò non ci fu possibile. In altre esperienze abbiamo seguìto il metodo ordinario, quello in base al quale si costruiscono le curve di raffreddamento, e cioè le letture della temperatura sono state fatte di mezzo in mezzo minuto o di 15 in 15 secondi. Le esperienze del primo modo, che chiameremo, in seguito, metodo del Moreschini, o metodo differenziale, sono state fatte con tutte le sostanze della tabella I, ad eccezione degli acidi laurinico e miristico che hanno sopraffusione troppo piccola; quelle del secondo, soltanto con una parte.

Resultato delle nostre osservazioni è l'accertamento del rallentamento al punto di fusione per l'acido acetico, l'anetolo ed il timolo; l'esistenza (non sicura in modo assoluto, a causa della breve sopraffusione della sostanza) di questo rallentamento nell'acido palmitico; e il comportarsi presso a poco normale di tutte le altre sostanze studiate, nelle quali si osservano tuttavia qualche volta irregolarità di vario genere, assai spiccate per esempio nel salolo, ma troppo piccole perchè si possa escludere

che non derivino da errori di esperienza. Nondimeno è innegabile che quasi sempre delle piccole variazioni si manifestano in vicinanza del punto di fusione. Soltanto esperienze di maggiore finezza potranno decidere se si tratta di variazioni accidentali o di vere deviazioni più piccole si, ma della stessa natura delle altre.

I resultati delle nostre esperienze sono riportati nelle tabelle seguenti. Di esse, quelle dalla IV alla XIII inclusa si riferiscono a determinazioni eseguite col metodo del Moreschini; ed in esse, sotto l'indicazione « Tempo » son riportati i tempi necessarî perchè la colonna termometrica percorra il tratto di temperatura contrassegnato. Le temperature sono espresse in gradi centigradi e decimi; i tempi, in minuti secondi e decimi. Le tabelle dalla XIV alla XIX comprendono resultati di esperienze di raffreddamento fatte col metodo comune: sono delle ordinarie curve di raffreddamento. In esse il tempo è progressivo. Le temperature sono espresse in gradi e decimi (escluso il raffreddamento dello solfo, per il quale si hanno solo gradi); i tempi, in minuti primi e secondi.

Per il fenolo, l'acido formico e lo solfo abbiamo omesso i dati ottenuti con esperienze della maniera del Moreschini, perchè nulla di anormale esse presentano; si ripetono nelle curve differenziali quelle leggere anomalie che si riscontrano in quelle integrali. Ritorneremo presto sull'argomento riguardo allo zolfo.

Tabella IV.

Raffreddamento del Timolo

Punto di fusione 49°,4 — Punto di rallentamento 49°,4.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
52,4-52,3	9	50,6-50,5	11,4	48,8-48,7	14,4
52,3-52,2	9,1	50,5-50,4	11,5	48,7-48,6	14,6
52,2-52,1	9,2	50,4-50,3	11,6	48,6-48,5	14,8
52,1-52,0	9,4	50,3-50,2	11,8	48,5-48,4	14,9
52,0-51,9	9,6	50,2-50,1	12	48,4-48,3	15
51,9-51,8	9,8	50,1-50,0	12,1	48,3-48,2	15,2
51,8-51,7	10	50,0-49,9	12,2	48,2-48,1	15,4
51,7-51,6	10,1	49,9-49,8	12,3	48,1-48,0	15,6
51,6-51,5	10,2	49,8-49,7	12,4	48,0-47,9	15,8
51,5-51,4	10,3	49,7-49,6	12,5	47,9-47,8	15,9
51,4-51,3	10,4	49,6-49,5	12,6	47,8-47,7	16
51,3-51,2	10,5	49,5-49,4	12,7	47,7-47,6	16,2
51,2-51,1	10,6	49,4-49,3	13,8	47,6-47,5	16,4
51,1-51,0	10,8	49,3-49,2	13,9	47,5-47,4	16,7
51,0-50,9	11	49,2-49,1	14	47,4-47,3	17
50,9-50,8	11,1	49,1-49,0	14,1	47,3-47,2	17,3
50,8-50,7	11,2	49,0-48,9	14,2	47,2-47,1	17,6
50,7-50,6	11,3	48,9-48,8	14,3		

Tabella V.

Raffreddamento dell'Anetolo

Punto di fusione 21° — Punto di rallentamento 21°,1.

24,2-24,1	14	22,4-22,3	17,4	20,6-20,5	24
24,1-24,0	14,2	22,3-22,2	17,6	20,5-20,4	24,3
24,0-23,9	14,4	22,2-22,1	17,8	20,4-20,3	24,6
23,9-23,8	14,5	22,1-22,0	18,1	20,3-20,2	24,9
23,8-23,7	14,6	22,0-21,9	18,4	20,2-20,1	25,2
23,7-23,6	14,8	21,9-21,8	18,6	20,1-20,0	25,5
23,6-23,5	15	21,8-21,7	18,8	20,0-19,9	25,8
23,5-23,4	15,2	21,7-21,6	19,1	19,9-19,8	26,1
23,4-23,3	15,4	21,6-21,5	19,4	19,8-19,7	26,4
23,3-23,2	15,6	21,5-21,4	19,7	19,7-19,6	26,7
23,2-23,1	15,8	21,4-21,3	20	19,6-19,5	27
23,1-23,0	16	21,3-21,2	20,4	19,5-19,4	27,4
23,0-22,9	16,2	21,2-21,1	20,8	19,4-19,3	27,8
22,9-22,8	16,4	21,1-21,0	22,6	19,3-19,2	28,3
22,8-22,7	16,6	21,0-20,9	22,8	19,2-19,1	28,8
22,7-22,6	16,8	20,9-20,8	23,1	19,1-19,0	29,4
22,6-22,5	17	20,8-20,7	23,4	19,0-18,9	30
22,5-22,4	17,2	20,7-20,6	23,7		

Tabella VI.

Raffreddamento dell'acido Acetico

Punto di fusione 16°,5 — Punto di rallentamento 16,6.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
18,4-18,3	10,8	17,1-17,0	13,7	15,8-15,7	20,4
18,3-18,2	10,9	17,0-16,9	14	15,7-15,6	20,9
18,2-18,1	11	16,9-16,8	14,2	15,6-15,5	21,4
18,1-18,0	11,3	16,8-16,7	14,4	15,5-15,4	22
18,0-17,9	11,6	16,7-16,6	14,6	15,4-15,3	22,6
17,9-17,8	11,8	16,6-16,5	16,6	15,3-15,2	23
17,8-17,7	12	16,5-16,4	17,1	15,2-15,1	23,4
17,7-17,6	12,2	16,4-16,3	17,6	15,1-15,0	23,9
17,6-17,5	12,4	16,3-16,2	18,2	15,0-14,9	24,4
17,5-17,4	12,7	16,2-16,1	18,6	14,9-14,8	24,9
17,4-17,3	13	16,1-16,0	19,1	14,8-14,7	25,4
17,3-17,2	13,2	16,0-15,9	19,4	14,7-14,6	26
17,2-17,1	13,4	15,9-15,8	19,9	14,6-14,5	26,6

Tabella VII.

Raffreddamento dell'acido Palmitico

Punto di fusione 62°,4 — Punto di rallentamento 62°,3.

64,7-64,6	11	63,4-63,3	13	62,1-62,0	18,2
64,6-64,5	11,1	63,3-63,2	13,2	62,0-61,9	18,3
64,5-64,4	11,2	63,2-63,1	13,4	61,9-61,8	18,4
64,4-64,3	11.3	63,1-63,0	13,6	61,8-61,7	18,5
64,3-64,2	11,4	63,0-62,9	13,8	61,7-61,6	18,6
64,2-64,1	11,5	62,9-62,8	14	61,6-61,5	18,7
64,1-64,0	11,6	62,8-62,7	14,3	61,5-61,4	18,8
64,0-63,9	11,8	62,7-62,6	14,6	61,4-61,3	19,2
63,9-63,8	12	62,6-62,5	15,1	61,3-61,2	19,6
63,8-63,7	12,2	62,5-62,4	15,6	61,2-61,1	20,3
63,7-63,6	12,4	62,4-62,3	16	61,1-61,0	21
63,6-63,5	12,6	62,3-62,2	18		
63,5-63,4	12,8	62,2-62,1	18,1		

Tabella VIII.

Raffreddamento dell'Apiolo

Punto di fusione 28°,9.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
32,0-31,9	12,2	30,3-30,2	13,9	28,6-28,5	15,8
31,9-31,8	12,3	30,2-30,1	14	28,5-28,4	15,9
31,8-31,7	12,4	30,1-30,0	14,1	28,4-28,3	16
31,7-31,6	12,5	30,0-29,9	14,2	28,3-28,2	16,1
31,6-31,5	12,6	29,9-29,8	14,3	28,2-28,1	16,2
31,5-31,4	12,7	29,8-29,7	14 4	28,1-28,0	16,4
31,4-31,3	12,8	29,7-29,6	14,5	28,0-27,9	16,6
31,3-31,2	12,9	29,6-29,5	14,6	27,9-27,8	16,7
31,2-31,1	13	29,5-29,4	14,8	27,8-27,7	16,8
31,1-31,0	13,1	29,4-29,3	15	27,7-27,6	16,9
31,0-30,9	13,2	29,3-29,2	15,1	27,6-27,5	17
30,9-30,8	13,3	29,2-29,1	15,2	27,5-27,4	17,2
30,8-30,7	13,4	29,1-29,0	15,3	27,4-27,3	17,4
30,7-30,6	13,5	29,0-28,9	15,4	27,3-27,2	17,6
30,6-30,5	13,6	28,9-28,8	15,5	27,2-27,1	17,8
30,5-30,4	13,7	28,8-28,7	15,6	27,1-27,0	17,9
30,4-30,3	13,8	28,7-28,6	15,7	27,0-26,9	18

Tabella IX.

Raffreddamento del Salolo

Punto di fusione 41°,1.

44,9-44,8	10	42,8-42,7	12,6	40,7-40,6	15,8
44,8-44,7	10,1	42,7-42,6	12,8	40,6-40,5	16,1
44,7-44,6	10,2	42,6-42,5	12,9	40,5-40,4	16,4
44,6-44,5	10,3	42,5-42,4	13	40,4-40,3	16,5
44,5-44,4	10,4	42,4-42,3	13,2	40,3-40,2	16,6
44,4-44,3	10 5	42,3-42,2	13,4	40,2-40,1	16,7
44,3-44,2	10,6	42,2-42,1	13,5	40,1-40,0	16,8
44,2-44,1	10,7	42,1-42,0	13,6	40,0-39,9	17,1
44,1-44,0	10,8	42,0-41,9	13,7	39,9-39,8	17,4
44,0-43,9	10,9	41,9-41,8	13,8	39,8-39,7	17,7
43,9-43,8	11	41,8-41,7	13,9	39,7-39,6	18
43,8-43,7	11,1	41,7-41,6	14	39,6-39,5	18,3
43,7-43,6	11,2	41,6-41,5	14,2	39,5-39,4	18,6
43,6-43,5	11,3	41,5-41,4	14,4	39,4-39,3	18,9
43,5-43,4	11,4	41,4-41,3	14,5	39,3-39,2	19,2
43,4-43,3	11,6	41,3-41,2	14,6	39,2-39,1	19,5
43,3-43,2	11,8	41,2-41,1	14,7	39,1-39,0	19,8
43,2-43,1	11,9	41,1-41,0	14,8	39,0-38,9	20
43,1-43,0	12	41,0-40,9	15,1	38,9-38,8	20,2
43,0-42,9	12,2	40,9-40,8	15,4		
42,9-42,8	12,4	40,8-40,7	15,6		

Tabella X.

Raffreddamento dell'alcool Cinnamico

Punto di fusione 30°,7.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
33,7-33,6	18	31,8-31,7	20,3	29,9-29,8	23
33,6-33,5	18,2	31,7-31,6	20,4	29,8-29,7	23,1
33,5-33,4	18,4	31,6-31,5	20,5	29,7-29,6	23,2
33,4-33,3	18,5	31,5-31,4	20,6	29,6-29,5	23,4
33,3-33,2	18,6	31,4-31,3	20,8	29,5-29,4	23,6
33,2-33,1	18,7	31,3-31,2	21	29,4-29,3	23,7
33,1-33,0	18,8	31,2-31,1	21,2	29,3-29.2	23,8
33,0-32,9	18,9	31,1-31,0	21,4	29,2-29,1	24
32,9-32 8	19	31,0-30,9	21,5	29,1-29,0	24,2
32,8-32,7	19,1	30,9-30,8	21,6	29,0-28,9	24,4
32,7-32,6	19,2	30,8-30,7	21,7	28,9-28,8	24,6
32,6-32,5	19,3	30,7-30,6	21,8	28,8-28,7	24,8
32,5-32,4	19,4	30,6-30,5	21,9	28,7-28,6	25
32,4-32,3	19,5	30,5-30,4	22	28,6-28,5	25,2
32,3-32,2	19,6	30,4-30,3	22,2	28,5-28,4	25,4
32,2-32,1	19,8	30,3-30,2	22,4	28,4-28,3	25,6
32,1-32,0	20	30,2-30,1	22,5	28,3-28,2	25,8
32,0-31,9	20,1	30,1-30,0	22,6	28,2-28,1	26
31,9-31,8	20,2	30,0-29,9	22,8	28,1-28,0	26,2

Tabella XI.

Raffreddamento dell'Acqua

Punto di fusione 0°.

2,5-2,4	12,6	0 9-0,8	14,6	$\bar{0}$,7-$\bar{0}$,8	18,6
2,4-2,3	12,7	0,8-0,7	14,8	$\bar{0}$,8-$\bar{0}$,9	18,9
2,3-2,2	12,8	0,7-0,6	15	$\bar{0}$,9-$\bar{1}$,0	19,2
2,2-2,1	12,9	0,6-0,5	15,2	$\bar{1}$,0-$\bar{1}$,1	19,5
2,1-2,0	13	0,5-0,4	15,4	$\bar{1}$.1-$\bar{1}$,2	19,8
2,0-1,9	13,1	0,4-0,3	15,6	$\bar{1}$,2-$\bar{1}$,3	20,2
1,9-1,8	13,2	0,3-0,2	15,8	$\bar{1}$,3-$\bar{1}$,4	20,6
1,8-1,7	13,3	0,2-0,1	16,1	$\bar{1}$,4-$\bar{1}$,5	20,9
1,7-1,6	13,4	0,1-0,0	16,4	$\bar{1}$,5-$\bar{1}$,6	21,2
1,6-1,5	13,5	0,0-$\bar{0}$,1	16,6	$\bar{1}$,6-$\bar{1}$,7	21,6
1,5-1,4	13,6	$\bar{0}$,1-$\bar{0}$,2	16,8	$\bar{1}$,7-$\bar{1}$,8	22
1,4-1,3	13,7	$\bar{0}$,2-$\bar{0}$,3	17,2	$\bar{1}$,8-$\bar{1}$,9	22,5
1,3-1,2	13,8	$\bar{0}$,3-$\bar{0}$,4	17,6	$\bar{1}$,9-$\bar{2}$,0	23
1,2-1,1	14	$\bar{0}$,4-$\bar{0}$,5	17,8	$\bar{2}$,0-$\bar{2}$,1	23,5
1,1-1,0	14,2	$\bar{0}$,5-$\bar{0}$,6	18	$\bar{2}$,1-$\bar{2}$,2	24
1,0-0,9	14,4	$\bar{0}$,6-$\bar{0}$,7	18,3		

Tabella XII.

Raffreddamento del Tiosolfato sodico

Punto di fusione 45°,1.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
47,0-46,9	22,4	45 9-45,8	24,65	44,8-44,7	29
46,9-46,8	22,5	45,8-45,7	24,9	44,7-44,6	29,5
46,8-46,7	22,6	45,7-45,6	25,15	44,6-44,5	30
46,7-46,6	22,8	45,6-45,5	25,4	44,5-44,4	30,6
46,6-46,5	23	45,5-45,4	25,8	44,4-44,3	31,2
46,5-46,4	23,2	45,4-45,3	26,2	44,3-44,2	31,6
46,4-46,3	23 4	45,3-45,2	26,5	44,2-44,1	32
46,3-46,2	23,6	45,2-45,1	26,8	44,1-44,0	32,5
46,2-46,1	23,8	45,1-45,0	27,4	44,0-43,9	33
46,1-46,0	24,1	45,0-44,9	28	43,9-43,8	33,5
46,0-45,9	24,4	44,9-44,8	28,5	43,8-43,7	34

Tabella XIII.

Raffreddamento dell'Acetato sodico

Punto di fusione 58°,2.

61,1-61,0	10	59,4-59,3	14,8	57,7-57,6	19,2
61,0-60,9	10,3	59,3-59,2	15	57,6-57,5	19,5
60,9-60,8	16,6	59,2-59,1	15,3	57,5-57,4	19,8
60,8-60,7	10,9	59,1-59,0	15,6	57,4-57,3	20,1
60,7-60,6	11,2	59,0-58,9	15,8	57,3-57,2	20,4
60,6-60,5	11,5	58,9-58,8	16	57,2-57,1	20,7
60,5-60,4	11,8	58,8-58,7	16,3	57,1-57,0	21
60,4-60,3	12,1	58,7-58,6	16,6	57,0-56,9	21,3
60,3-60,2	12,4	58,6-58,5	16,9	56,9-56,8	21,6
60,2-60,1	12,6	58,5-58,4	17,2	56,8-56,7	21,9
60,1-60,0	12,8	58,4-58,3	17,4	56,7-56,6	22,2
60,0-59,9	13,1	58,3-58,2	17,6	56,6-56,5	22,6
59,9-59,8	13,4	58,2-58,1	17,9	56,5-56,4	23
59,8-59,7	13,7	58,1-58,0	18,2	56,4-56,3	23,3
59,7-59,6	14	58,0-57,9	18,5	56,3-56,2	23,6
59,6-59,5	14,3	57,9-57,8	18,8	56,2-56,1	24,3
59,5-59,4	14,6	57,8-57,7	19	56,1-56,0	25

Tabella XIV.

Raffreddamento del Fenolo

Punto di fusione 38°.

Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura
0	47,6	4	41	8	36
0,30	46,4	4,30	40,2	8,30	35,5
1	45,6	5	39,5	9	35,1
1,30	44,8	5,30	39	9,30	34,8
2	44	6	38,5	10	34,4
2,30	43,2	6,30	38	10,30	34
3	42,4	7	37,4		
3,30	41,6	7,30	36,6		

Tabella XV.

Raffreddamento del Benzolo

Punto di fusione 5°,3.

0	36	9	10,7	18	4
0,30	32,8	9,30	10,15	18,30	3,8
1	30,2	10	9,6	19	3,6
1,30	27,9	10,30	9,05	19,30	3,4
2	26	11	8,5	20	3,25
2,30	24,2	11,30	8,05	20,30	3,1
3	22,6	12	7,6	21	2,95
3,30	21	12,30	7,2	21,30	2,8
4	19,7	13	6,8	22	2,7
4,30	18,5	13,30	6,45	22,30	2,6
5	17,3	14	6,1	23	2,5
5,30	16,25	14,30	5,8	23,30	2,4
6	15,3	15	5 5	24	2,3
6,30	14,4	15,30	5,2	24,30	2,2
7	13,55	16	4,95	25	2,1
7,30	12,8	16,30	4,7	25,30	2
8	12,1	17	4,45		
8,30	11,35	17,30	4,25		

Tabella XVI.

Raffreddamento dell'acido Formico

Punto di fusione 7°,5.

Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura
0	26,1	10	11,8	20	5,8
0,30	25	10,30	11,4	20,30	5,6
1	23,9	11	11	21	5,4
1,30	22,9	11,30	10,6	21,30	5,2
2	21,9	12	10,2	22	5,05
2,30	21	12,30	9,85	22,30	4,9
3	20,15	13	9,5	23	4,75
3,30	19,5	13,30	9,2	23,30	4,6
4	18,6	14	8,85	24	4,4
4,30	17,9	14,30	8,55	24,30	4,25
5	17,2	15	8,25	25	4,1
5,30	16,55	15,30	7,95	25,30	4
6	15,95	16	7,7	26	3,85
6,30	15,35	16,30	7,45	26,30	3,75
7	14,75	17	7,15	27	3,6
7,30	14,25	17,30	6,95	27,30	3,5
8	13,7	18	6,7	28	3,4
8,30	13,2	18,30	6,45	28,30	3,3
9	12,7	19	6,25	29	3,2
9,30	12,25	19,30	6	29,30	3,1

Tabella XVII.

Raffreddamento dell'acido Miristico.

Punto di fusione 52°,5.

0	62,8	11,30	51,75	23	49
0,30	62,2	12	51,6	23,30	48,7
1	61,5	12,30	51,45	24	48,4
1,30	60,85	13	51,3	24,30	48
2	60,15	13,30	51,15	25	47,6
2,30	59,55	14	51,1	25,30	47,2
3	58,8	14,30	50,95	26	46,7
3,30	58,2	15	50,85	26,30	46,2
4	57,5	15,30	50,8	27	45,65
4,30	56,9	16	50,75	27,30	45,1
5	56,25	16,30	50,7	28	44,5
5,30	55,65	17	50,65	28,30	43,9
6	55,1	17,30	50,6	29	43,35
6,30	54,55	18	50,55	29,30	42,75
7	54,1	18,30	50,5	30	42,1
7,30	53,8	19	50,35	30,30	41,55
8	53,4	19,30	50,2	31	40,9
8,30	53,1	20	50,1	31,30	40,4
9	52,8	20,30	50	32	39,8
9,30	52,6	21	49,85	32,30	39,35
10	52,3	21,30	49,7	33	38,8
10,30	52,1	22	49,5		
11	51,9	22,30	49,3		

Tabella XVIII.

Raffreddamento dell'acido Laurinico.

Punto di fusione 43°,5.

Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura
0	57,7	11	43,3	22	42,05
0,30	55,8	11,30	43,3	22,30	41,9
1	53,9	12	43,3	23	41,65
1,30	52,3	12,30	43,3	23,30	41,4
2	50,7	13	43,3	24	41,1
2,30	49,4	13,30	43,25	24,30	40,6
3	48,1	14	43,2	25	40,2
3,30	47	14,30	43,15	25,30	39,65
4	46	15	43,1	26	39
4,30	45,3	15,30	43,1	26,30	38,2
5	44,7	16	43,1	27	37,4
5,30	44,3	16,30	43,1	27,30	36,45
6	44	17	43,05	28	35,5
6,30	43,8	17,30	43	28,30	34,55
7	43,7	18	42,9	29	33,7
7,30	43,6	18,30	42,8	29,30	32,6
8	43,5	19	42,75	30	32,15
8,30	43,4	19,30	42,7	30,30	31,5
9	43,35	20	42,6	31	30,8
9,30	43,3	20,30	42,5	31,30	30,15
10	43,3	21	42,35	32	29,55
10,30	43,3	21,30	42,2	32,30	29

Tabella XIX.

Raffreddamento del Solfo

Punto di fusione 109°,5.

0	119	1,15	108+	2,30	104
0,15	115	1,30	107,5	2,45	103+
0,30	112,5	1,45	106,5+	3	102,5
0,45	110,5	2	106	3,15	102—
1	109—	2,15	105		

Le curve relative alle tabelle antecedenti sono quelle della tavola I (figure 1, 2, 3, 4); della tavola II (figure 1, 2, 3, 4, 5, 6) e tutte quelle della tavola III (1). Quanto al sistema grafico dei diagrammi che si riferiscono alle osservazioni eseguite al modo del Moreschini (tutte le curve sopra specificate delle tavole I e II), avvertiamo che, non essendo stato possibile con tal metodo, date le condizioni delle nostre esperienze, come abbiamo già detto, leggere il tempo altro che per divisioni alterne (gradi o decimi) della scala termometrica, per render continue le curve abbiamo interpolato i valori del tempo relativi alle divisioni non considerate (nelle tabelle appaiono anche questi valori) calcolandoli dalla media dei due vicini. Nel caso del rallentamento, per la divisione prossima a quella in cui si manifesta l'anomalia, il valore del tempo è estrapolato basandosi su quello della divisione precedente.

Sulle ordinate poi abbiamo riportato non il tempo effettivamente trascorso, ma le differenze dei tempi successivi impiegati a percorrere una divisione dal tempo impiegato a percorrere la divisione iniziale.

Si voglia, ad esempio, sapere quanto tempo impiega l'anetolo per raffreddarsi da 21°,5 a 21°,4, nelle nostre condizioni di esperienza, guardando soltanto la curva fig. 3 della tavola I. Alla temperatura 21°,4 (ascisse) corrisponde sulle ordinate il valore del tempo 5,7. Le frazioni di secondo si trasformano, da quinti, in decimi. Ma questo valore è la differenza fra il tempo impiegato a percorrere il tratto di temperatura 21°,5-21°,4 e il tempo impiegato a percorrere la divisione iniziale. Questo, nel nostro caso, è 14. Quindi l'anetolo, per raffreddarsi da 21°,5 a 21°,4, impiega $14 + 5.7 = 19,7$ secondi.

Sempre riferendoci alla medesima curva, si desideri calcolare quanto tempo occorre perchè la temperatura si abbassi da 20°,0 a 19°,0. A 19°,9 corrisponde il tempo 11,8; a 19°,8 corrisponde 12,1, e così via, di decimo in decimo di grado, 12,4, 12,7, 13, 13,4; 13,8, 14,3, 14,8, finchè alla temperatura di 19° corrisponde il tempo 15,4. Ora, siccome i valori del tempo riportati sono, come si è detto, le differenze fra i tempi effettivamente occorrenti a percorrere le successive divisioni e il tempo iniziale (14), e le divisioni del tratto domandato sono 10, il tempo che è passato realmente perchè l'anetolo, che si trovava alla temperatura di 20°, assuma quella di 19°, è $14 \times 10 + 11,8 + 12,1 + 12,4 + 12,7 + 13 + 13,4 + 13,8 + + 14,3 + 14,8 + 15,4 = 273,7$ secondi.

Cosicchè, se chiamiamo A questo tempo (che corrisponde al valore dato sui diagrammi ad O, punto di origine degli assi), l'ordinata corrispondente a una data ascissa t_1 (= temperatura), ossia il tempo realmente impiegato dalla colonna termometrica per discendere dalla temperatura iniziale t a t_1, è dato dal prodotto di t-t_1 per A, aumentato della somma delle $t-t_1$ differenze $d\tau$ comprese fra t e t_1. Cioè, chiamando T il tempo si ha:

$$T = A\ (t-t_1) + \sum_{t}^{t_1} d\tau .$$

E il tempo impiegato a percorrere un tratto qualunque t_1-t_2 è dato da:

$$T = A\ (t_1-t_2) + \sum_{t_1}^{t_2} d\tau .$$

(1) Per queste ultime il modo di costruzione è quello comune delle curve di raffreddamento.

Nella seguente tabella riportiamo per l'anetolo, in modo successivo e progressivo, il tempo impiegato per passare dalla temperatura iniziale di 24°,2 a quella finale di 18°,9 gradi.

Tabella XX.

Raffreddamento dell'Anetolo

Punto di fusione 21°.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
24,2-24,1	14	22,4-22,3	297,1	20,6-20,5	665,4
24,1-24,0	28,2	22,3-22,2	314,7	20,5-20,4	689,7
24,0-23,9	42,6	22,2-22,1	332,5	20,4-20,3	714,3
23,9-23,8	57,1	22,1-22,0	350,6	20,3-20,2	739,2
23,8-23,7	71,7	22,0-21,9	369,0	20,2-20,1	764,4
23,7-23,6	86,5	21,9-21,8	387,6	20,1-20,0	789,9
23,6-23,5	101,5	21,8-21,7	406,4	20,0-19,9	815,7
23,5-23,4	116,7	21,7-21,6	425,5	19,9-19,8	841,8
23,4-23,3	132,1	21,6-21,5	444,9	19,8-19,7	868,2
23,3-23,2	147,7	21,5-21,4	464,6	19,7-19,6	894,9
23,2-23,1	163,5	21,4-21,3	484,6	19,6-19,5	921,9
23,1-23,0	179,5	21,3-21,2	505,0	19,5-19,4	949,3
23,0-22,9	195,7	21,2-21,1	525,8	19,4-19,3	977,1
22,9-22,8	212,1	21,1-21,0	548,4	19,3-19,2	1005,4
22,8-22,7	228,7	21,0-20,9	571,2	19,2-19,1	1034,2
22,7-22,6	245,7	20,9-20,8	594,3	19,1-19,0	1063,6
22,6-22,5	262,5	20,8-20,7	617,7	19,0-18,9	1093,6
22,5-22,4	279,7	20,7-20,6	641,4		

Questo modo di rappresentazione grafica è stato adottato per rendere più evidente l'anomalia che si manifesta, nei casi sopra detti, al punto di fusione. L'anomalia infatti non si vedrebbe quasi affatto, come già fu accennato, se sulle ordinate si riportassero i tempi effettivamente trascorsi, dato il grande spazio che questi verrebbero ad occupare, anche se si rappresentasse un minuto secondo con un millimetro, il che, per l'esattezza delle curve, è il meno che si possa fare. In altri termini, una differenza di un piccolo numero di secondi nell'intervallo di temperatura anomalo, in confronto al lasso di tempo, in proporzione grandissimo, che realmente trascorre, non è apprezzabile. Nè l'anomalia si vede meglio, calcolando, in base ai resultati sperimentali, i corrispondenti valori della temperatura e disegnando i relativi diagrammi, perchè cade nei centesimi di grado.

In relazione a quanto abbiamo esposto, dobbiamo mettere in evidenza che se ci fossimo limitati a tracciare le curve di raffreddamento dei liquidi sovraffusi nel solito

modo, non sarebbe apparsa la singolarità del « fenomeno Moreschini ». È il Moreschini stesso che, prendendo come base delle sue osservazioni il tempo impiegato nel raffreddamento perchè un certo intervallo di temperatura fosse percorso, ci mise sulla strada per costruire le curve di raffreddamento col metodo da noi adottato, col quale le singolarità vengono messe perfettamente in evidenza. Per metter ciò in chiaro, abbiamo costruito la curva ordinaria di raffreddamento dell'anetolo in base ai valori che sono riferiti nella seguente tabella: la curva corrispondente è la 3 della tavola IV, che, salvo una piccola, quasi inavvertibile, differenza di inclinazione apparisce perfettamente normale.

Tabella XXI.

Raffreddamento dell'Anetolo

Punto di fusione 21°.

Tempo		Temperatura	Tempo		Temperatura
in minuti secondi	in minuti primi		in minuti secondi	in minuti primi	
0	0	24,200	540	9	21,035
30	0,30	23,985	570	9,30	20,910
60	1	23,780	600	10	20,775
90	1,30	23,575	630	10,30	20,650
120	2	23,375	660	11	20,525
150	2,30	23,185	690	11,30	20,400
180	3	23,000	720	12	20,280
210	3,30	22,815	750	12,30	20,160
240	4	22,635	780	13	20,040
270	4,30	22,460	810	13,30	19,920
300	5	22,285	840	14	19,805
330	5,30	22,115	870	14,30	19,690
360	6	21,950	900	15	19,580
390	6,30	21,790	930	15,30	19,470
420	7	21,630	960	16	19,360
450	7,30	21,475	990	16,30	19,255
480	8	21,325	1020	17	19,150
510	8,30	21,180	1050	17,30	19,045
			1080	18	18,945

D'altra parte, quando realmente singolarità non ci sono, anche costruendo le curve di raffreddamento col metodo suggerito dalle osservazioni del Moreschini, esse possono apparire perfettamente regolari: in prova di ciò, valendoci dei dati riferiti nella seguente tabella, abbiamo costruito per il benzolo la curva corrispondente che è la 7 della tavola II. La curva non differisce essenzialmente dalla *a* della fig. 1 nella tavola III, che è la ordinaria di raffreddamento; salvo che è un po' più irre-

golare: è però innegabile che in ambedue qualche leggera oscillazione si manifesta nelle vicinanze del punto di fusione.

Tabella XXII.

Raffreddamento del Benzolo

Punto di fusione 5°,3.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
11,0-10,5	7	7,5-7,0	17,7
10,5-10,0	7,9	7,0-6,5	19,5
10,0-9,5	9,8	6,5-6,0	22,8
9,5-9,0	11,2	6,0-5,5	26,1
9,0-8,5	12,6	5,5-5,0	29,4
8,5-8,0	14,3	5,0-4,5	32,8
8,0-7,5	16	4,5-4,0	36,1

Volemmo anche vedere se i composti presentanti il rallentamento al punto di fusione offrivano qualche particolarità nel raffreddamento quando tenevano disciolta un'altra sostanza. Preparammo soluzioni di benzolo in anetolo ed in timolo, e di acqua in acido acetico, tutte al 2,5 %. Il punto di congelamento dei solventi si abbassa così di un numero di gradi che si può anche calcolare dalla costante di abbassamento molecolare.

Le nostre osservazioni ci hanno dato i resultati riuniti qui sotto:

Tabella XXIII.

Soluzione	Abbassamento molecolare	Punto di fusione del solvente puro	Punto di congelamento della soluzione (calcolato)	Punto di congelamento della soluzione (osservato)
Acido acetico e acqua. .	39 (1)	16°,5	11°,1	11°,0
Anetolo e benzolo . . .	83 (2)	21°	18°,3	18°,0 (4)
Timolo e benzolo . . .	83 (3)	49°,4	46°,7	45°,8

(1) W. Nernst, *Theoretische Chemie*, ed. 1909, pag. 152.

(2) E. Paternò e R. Nasini, *Sulla determinazione del peso molecolare* ecc. in Gazz. chim. 19, (1889), pag. 195. In questa Memoria viene messo in evidenza il singolare comportamento dell'anetolo e la difficoltà che esso presenta come solvente crioscopico. Secondo i dati riportati da W. Nernst l'abbassamento molecolare dell'anetolo è 62.

(3) W. Nernst, loco citato.

(4) Valore un po' incerto, a causa della lenta cristallizzazione dell'anetolo.

Per le esperienze di raffreddamento portavamo, al solito, la sostanza ad una temperatura assai più alta di quella del suo punto di fusione, e la lasciavamo poi raffreddare nell'apparecchio in precedenza descritto, usando il bagno conveniente. Per misurare la temperatura, ci servì il termometro a scala centigrada diviso in decimi di grado. Non adoperammo il termometro di Beckmann perchè era nostra intenzione operare in uno spazio di temperatura piuttosto vasto, affine di poter cogliere in una unica esperienza le particolarità che potevano prodursi al punto di fusione del solvente puro e a quello più basso del congelamento della soluzione.

In alcune esperienze leggemmo le temperature ogni trenta secondi; in altre determinammo i tempi impiegati successivamente dalla colonna di mercurio a discendere le divisioni della scala termometrica, secondo il metodo del Moreschini.

Il raffreddamento avviene in modo assai regolare in vicinanza al punto di fusione del solvente, ma si nota una discontinuità intorno a quello abbassato per la presenza del corpo disciolto, pur non osservandosi formazione di cristalli. Chè anzi quasi sempre la cristallizzazione doveva, anche a temperature assai più basse, venir provocata, quando si voleva determinare il punto di congelamento.

Riportiamo qui sotto, per ognuna delle tre soluzioni studiate, i resultati delle esperienze eseguite col metodo del Moreschini (tabelle da XXIV a XXVI) e quelli delle osservazioni fatte col metodo comune (tabelle da XXVII a XXIX). Le curve relative si trovano nelle tavole I e IV. In quelle che si riferiscono alle esperienze del secondo genere (figg. 1 e 2 della tavola IV), l'anomalia non appare in modo certo; in quelle del genere del Moreschini [1] (figg. 5, 6, 7 della tavola I), essa è assai ben visibile.

Esperienze di raffreddamento eseguite con timolo contenente circa il 10 % di benzolo dettero risultati normali; cosicchè l'anomalia del rallentamento sparirebbe o si affievolirebbe molto per una forte percentuale del corpo estraneo.

[1] Per il metodo grafico vale quanto abbiamo detto precedentemente. Così pure per i numeri segnati nelle tabelle.

Tabella XXIV.

Raffreddamento dell'Acido acetico + acqua (2,5 H_2O %)

Punto di fusione 11° — Punto di rallentamento 12°.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
18,5-18,0	18	15,0-14,5	22	11,5-11,0	31,4
18,0-17,5	18,4	14,5-14,0	23,2	11,0-10,5	32,2
17,5-17,0	18,8	14,0-13,5	24,4	10,5-10,0	33,6
17,0-16,5	19,2	13,5-13,0	25,7	10,0-9,5	35
16,5-16,0	19,6	13,0-12,5	27	9,5-9,0	36,2
16,0-15,5	20	12,5-12,0	28,4	9,0-8,5	37,4
15,5-15,0	21	12,0-11,5	30,6		

Tabella XXV.

Raffreddamento dell'Anetolo + benzolo (2,5 C_6H_6 %)

Punto di fusione 18° — Punto di rallentamento 18°.

26-25	23	22-21	29,4	18-17	37,2
25-24	24,6	21-20	30,7	17-16	40,2
24-23	26,2	20-19	32	16-15	43,2
23-22	27,8	19-18	33,6		

Tabella XXVI.

Raffreddamento del Timolo + benzolo (2,5 C_6H_6 %)

Punto di fusione 45°,8 — Punto di rallentamento 46°.

57,0-56,5	11	51,0-50,5	13,2	45,0-44,5	17,8
56,5-56,0	11,3	50,5-50,0	13,4	44,5-44,0	18,2
56,0-55,5	11,6	50,0-49,5	13,6	44,0-43 5	18,6
55,5-55,0	11,7	49,5-49,0	14	43,5-43,0	18,9
55,0-54,5	11,8	49,0 48,5	14,4	43,0-42,5	19,2
54,5-54,0	12	48,5-48,0	14,8	42,5-42,0	19,6
54,0-53,5	12,2	48,0-47,5	15,2	42,0-41,5	20
53,5-53,0	12,3	47,5-47,0	15,6	41,5-41,0	20,3
53,0-52,5	12,4	47,0-46,5	16	41,0-40,5	20,6
52 5-52,0	12,6	46,5-46,0	16,4	40,5-40,0	20,8
52,0-51,5	12,8	46,0-45,5	17,4	40,0-39,5	21
51,5-51,0	13	45,5-45,0	17,6		

Tabella XXVII.

Raffreddamento dell'Acido acetico + acqua (2,5 H_2O %)

Punto di fusione 11°.

Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura
0	32	5	18,4	10	11,7
0,30	29,9	5,30	17,5	10,30	11,2
1	28,1	6	16,7	11	10,7
1,30	26,5	6,30	15,9	11,30	10,3
2	25	7	15,2	12	9,8
2,30	23,7	7,30	14,6	12,30	9,5
3	22,5	8	13,9	13	9
3,30	21,3	8,30	13,3	13,30	8,7
4	20,3	9	12,7	14	8,4
4,30	19,3	9,30	12,2	14,30	8

Tabella XXVIII.

Raffreddamento dell'Anetolo + benzolo (2,5 C_6H_6 %)

Punto di fusione 18°.

0	43	11	27,1	22	20,1
0,30	41,9	11,30	26,6	22,30	19,9
1	40,9	12	26,2	23	19,7
1,30	39,9	12,30	25,8	23,30	19,5
2	39	13	25,4	24	19,3
2,30	38,1	13,30	25	24,30	19,1
3	37,2	14	24,6	25	18,9
3,30	36,3	14,30	24,3	25,30	18,7
4	35,5	15	23,9	26	18,5
4,30	34,7	15,30	23,6	26,30	18,3
5	34	16	23,3	27	18,2
5,30	33,3	16,30	23	27,30	18
6	32,6	17	22,7	28	17,85
6,30	31,9	17,30	22,4	28,30	17,7
7	31,3	18	22,1	29	17,55
7,30	30,7	18,30	21,8	29,30	17,4
8	30,1	19	21,5	30	17,3
8,30	29,5	19,30	21,3	30,30	17,2
9	29	20	21	31	17,05
9,30	28,5	20,30	20,7	31,30	16,9
10	28	21	20,5	32	16,8
10,30	27,6	21,30	20,3		

Tabella XXIX.

Raffreddamento del Timolo + benzolo (2,5 C_6H_6 %)

Punto di fusione 45°,8.

Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura	Tempo in minuti	Temperatura
0	56,05	9,30	50,85	19	46,5
0,30	55,75	10	50,6	19,30	46,3
1	55,5	10,30	50,35	20	46,1
1,30	55,2	11	50 1	20,30	45,9
2	54,9	11,30	49,85	21	45,7
2,30	54,6	12	49,65	21,30	45,5
3	54,3	12,30	49,4	22	45,3
3,30	54	13	49,15	22,30	45,1
4	53,75	13,30	48,9	23	44,9
4,30	53,5	14	48,7	23,30	44,7
5	53,2	14,30	48,5	24	44,5
5,30	52,9	15	48,25	24,30	44,3
6	52,65	15,30	48	25	44,1
6,30	52,4	16	47,8	25,30	43,9
7	52,15	16,30	47,6	26	43,75
7,30	51,85	17	47,35	26,30	43,55
8	51,6	17,30	47,1	27	43,4
8,30	51,3	18	46,95	27,30	43,2
9	51,05	18,30	46,7	28	43

Eseguimmo inoltre, per l'anetolo, esperienze di riscaldamento. La sostanza veniva, come sempre, prima fusa; poi lasciata raffreddare di qualche grado al di sotto del punto di fusione, badando a che mantenesse in modo perfetto lo stato liquido. Quindi si riscaldava lentamente, notando i tempi di ascesa della colonna termometrica. Facemmo le letture al modo del Moreschini. Osservammo un punto di accelerazione coincidente, o quasi, con quello di rallentamento alla temperatura di fusione. I resultati sono riuniti nella tabella seguente (XXX), e la curva relativa si trova nella tavola II.

Tabella XXX.

Riscaldamento dell'Anetolo

Punto di fusione 21° — Punto di accelerazione 21°,1.

Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi	Temperatura	Tempo in minuti secondi
20,0-20,1	32	21,1-21,2	24,4	22,2-22,3	22
20,1-20,2	31,5	21,2-21,3	24,2	22,3-22,4	21,8
20,2-20,3	31	21,3-21,4	24,1	22,4-22,5	21,6
20,3-20,4	30,5	21,4-21,5	24	22,5-22,6	21,3
20,4-20,5	30	21,5-21,6	23,8	22,6-22,7	21
20,5-20,6	29,6	21,6-21,7	23,6	22,7-22,8	20,7
20,6-20,7	29,2	21,7-21,8	23,4	22,8-22,9	20,4
20,7-20,8	28,6	21,8-21,9	23,2	22,9-23,0	20,2
20,8-20,9	28	21,9-22,0	22,9	23,0-23,1	20
20,9-21,0	27,4	22,0-22,1	22,6		
21,0-21,1	26,8	22,1-22,2	22,3		

III.

Contrazione durante il raffreddamento.

Per i tre corpi di cui abbiamo accertato il rallentamento al punto di fusione, volemmo anche vedere come avveniva la contrazione del volume durante il raffreddamento. Dopo aver provato diversi apparecchi, dei quali dovemmo, per varie cause, abbandonare l'uso, ci rese ottimi servigi il dilatometro che qui descriviamo (fig. 2).

Esso è formato da un bulbo cilindrico di vetro, saldato ad una estremità con un tubo diritto munito di rubinetto e di imbuto, e all'altra con un secondo tubo piegato a forma di U. Quest'ultimo è a sua volta unito ad angolo retto con una canna capillare calibra, graduata in millimetri per una lunghezza di 30 centimetri. Si introduce prima nel bulbo, dall'imbuto, una certa quantità di mercurio, poi il liquido da esaminare, fino a completo riempimento; quindi vien chiuso il rubinetto. Infine, introdotto il bulbo del dilatometro in un bagno adatto, si riscalda finchè il mercurio si è tanto dilatato da riempire tutta la canna capillare. Allora si immerge l'estremità di questa in una provetta contenente pure mercurio, mantenuta convenientemente inclinata. Nuovo mercurio viene, nel raffreddamento, trascinato nel dilatometro, e ci si regola in modo che alla temperatura iniziale delle esperienze il menisco del metallo arrivi alle ultime divisioni della scala segnata sul capillare.

Per le misure si riscalda l'apparecchio in una speciale stufa fatta di cartone di amianto, e sui due lati maggiori munita di lunghe finestre di vetro che permettono le letture sulla canna graduata. Un termometro diviso in decimi di grado è, nell'interno della stufa, collocato vicinissimo al bulbo del dilatometro.

Quando il corpo in istudio ha raggiunto una temperatura di qualche grado superiore a quella del suo punto di fusione, si lascia raffreddare il dilatometro nella stufa stessa, e si leggono sulla canna le contrazioni del mercurio di mezzo in mezzo grado, o di due in due decimi. Il mercurio, il cui volume decresce regolarmente con la temperatura, deve seguire nell'apparecchio anche le contrazioni del liquido esaminato: dimodochè noi veniamo a conoscere, sia pure indirettamente, il modo con cui varia il volume di quest'ultimo, al diminuire della temperatura. Le misure dirette

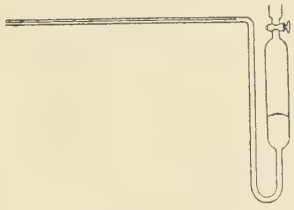


Fig. 2.

riuscirebbero assai malsicure, perchè la apprezzabile viscosità dei liquidi in parola ritarda la loro scorrevolezza nei tubi capillari.

Siccome il nostro scopo era solo di vedere se si manifestavano anomalie in prossimità del punto di fusione nel contrarsi del liquido con il diminuire della temperatura, ci siamo contentati di osservare le sue contrazioni lineari, senza risalire al coefficiente di dilatazione cubica, per conoscere il quale sarebbe stato necessario conoscere la capacità dell'apparecchio.

Il resultato delle nostre determinazioni, eseguite con il timolo, l'acido acetico e l'anetolo, è che essi si contraggono in modo assai regolare, mentre la temperatura diminuisce, anche nel tratto comprendente il punto di fusione. Soltanto il timolo sembra presentare qualche piccola particolarità.

Le nostre osservazioni sono riportate nelle seguenti tabelle (XXXI, XXXII, XXXIII), dove sotto l'indicazione « Volume » vanno i numeri corrispondenti alle divisioni della scala del dilatometro alle quali arriva il menisco del mercurio, letto al momento in cui la sostanza ha la contrassegnata temperatura. Le temperature sono espresse in gradi e decimi; i « volumi », in centimetri e millimetri.

Resta inteso, dopo quanto si è detto, che abbiamo osservato e riportiamo solo variazioni lineari nel modo di contrarsi dei nostri liquidi; ma ciò equivale a misure di volume, e, in ogni modo, è sufficiente per lo scopo propostoci. Le curve relative alle esperienze, costruite basandoci sui numeri delle suddette tabelle, si trovano nella tavola V.

Naturalmente, dato il metodo sperimentale seguìto, non riteniamo che i valori da noi trovati possano corrispondere a vere misure di volume dei liquidi per le corrispondenti temperature, ma solo li riguardiamo come numeri che potevano indicarci

se avvenivano delle anomalie nella contrazione: misure vere e proprie dei cambiamenti di volume, eseguite col metodo picnometrico, vengono riportate in un'altra parte di questo lavoro.

Nelle tabelle XXXIV, XXXV, XXXVI riportiamo anche i dati *differenziali* da noi calcolati, ma sarebbe stato del tutto illusorio di costruire le relative curve.

Tabella XXXI.

Contrazione dell'Anetolo

Punto di fusione 21°.

Temperatura	Volume	Temperatura	Volume	Temperatura	Volume
28,5	14,8	25,0	13,3	21,5	7,9
28,0	14,7	24,5	12,8	21,0	6,6
27,5	14,6	24,0	12,3	20,5	5
27,0	14,4	23,5	11,8	20,0	3
26,5	14,2	23,0	11	19,5	0,3
26,0	13,9	22,5	10		
25,5	13,6	22,0	9		

Tabella XXXII.

Contrazione dell'Acido acetico

Punto di fusione 16°,5.

17,7	29,9	16,5	25,1	15,3	18,3
17,5	29,2	16,3	24,2	15,1	16,9
17,3	28,6	16,1	23,2	14,9	15,3
17,1	27,8	15,9	22	14,7	14
16,9	26,9	15,7	20,9	14,5	12 2
16,7	26	15,5	19,8		

Tabella XXXIII.

Contrazione del Timolo

Punto di fusione 49°,4.

54,0	19	50,5	13	47,0	4
53,5	18,4	50,0	12	46.5	3,1
53,0	17,8	49,5	10,5	46,0	2,1
52,5	16,7	49,0	9,2	45,5	1,1
52,0	16,1	48,5	8,3	45,0	0,1
51,5	15,2	48,0	6,8		
51,0	14	47,5	5,2		

Contrazioni assolute, per intervalli uguali di temperatura, ottenute facendo le differenze fra i valori susseguentisi dei « volumi » nelle tre tabelle precedenti.

Tabella XXXIV.

Anetolo.

Temperatura	Contrazioni (in cm.)	Temperatura	Contrazioni (in cm.)	Temperatura	Contrazioni (in cm.)
28,5-28,0	0,1	25,5-25,0	0,3	22,5-22,0	1,0
28,0-27,5	0,1	25,0-24,5	0,5	22,0-21,5	1,1
27,5-27,0	0,2	24,5-24,0	0,5	21,5-21,0	1,3
27,0-26,5	0,2	24,0-23,5	0,5	21,0-20,5	1,6
26,5-26,0	0,3	23,5-23,0	0,8	20,5-20,0	2,0
26,0-25,5	0,3	23,0-22,5	1,0	20,0-19,5	2,7

Tabella XXXV.

Acido acetico.

17,7-17,5	0,7	16,5-16,3	0,9	15,3-15,1	1,4
17,5-17,3	0,6	16,3-16,1	1,0	15,1-14,9	1,6
17,3-17,1	0,8	16,1-15,9	1,2	14,9-14,7	1,3
17,1-16,9	0,9	15,9-15,7	1,1	14,7-14,5	1,8
16,9-16,7	0,9	15,7-15,5	1,1		
16,7-16,5	0,9	15,5-15,3	1,5		

Tabella XXXVI.

Timolo.

54,0-53,5	0,6	51,0-50,5	1,0	48,0-47,5	1,6
53,5-53,0	0,6	50,5-50,0	1,0	47,5-47,0	1,2
53,0-52,5	1,1	50,0-49,5	1,5	47,0-46,5	0,9
52,5-52,0	0,6	49,5-49,0	1,3	46,5-46,0	1,0
52,0-51,5	0,9	49,0-48,5	0,9	46,0-45,5	1,0
51,5-51,0	1,2	48,5-48,0	1,5	45,5-45,0	1,0

IV.

Peso specifico e dilatazione.

Dei liquidi che presentano in modo netto l'anomalìa nel raffreddamento al punto di fusione già è stato determinato il peso specifico da diversi autori a varie temperature. Riuniamo qui sotto i dati che ci è stato possibile raccogliere a tal proposito dal trattato del Beilstein, dalle tabelle del Landolt, dalle Tables Ann. de Const. del 1910 e da speciali memorie.

Tabella XXXVII.

Temperatura	Densità	Osservatore	*Osservazioni*
		Timolo.	
65°,5	0,9401	—	—
0	0,9941	—	liquido
24,4	0,96895	Nasini e Bernheimer	rispettivamente all'acqua a 4°.
77,3	0,92838		
4	0,9872	—	rispettivamente all'acqua alle stesse temperature.
15	0,979	—	
25	0,9723	—	
50	0,9624	—	
95	0,9504	—	
		Anetolo.	
28	0,989	Schlun, Kraut	—
14,9	0,99132	Nasini e Bernheimer	riferiti all'acqua a 4°.
21,6	0,98556		
34,4	0,97595		
77,3	0,94041		
15	0,9936	—	rispettivamente all'acqua alle stesse temperature.
25	0,9875	—	
21	0,987	Parry	—
20,6	0,99086	Zecchini	riferiti all'acqua a 4°.
24,8	0,98524		
		Acido acetico.	
0	1,0701	—	—
15	1,05533	Oudemans	—
20	1,0514	Landolt	—
0	1,08005	Kopp	—
12,79	1,0576	Pettersson	allo stato liquido, riferiti all'acqua a 4°.
15,97	1,0543		
19,03	1,0503		
15	1,0515	—	—
0	1,06970	Joung	allo stato liquido.
10	1,0593		
20	1,0491		
30	1,0392		

Siccome era nostra intenzione osservare per i detti corpi l'andamento nelle variazioni della densità (e quindi del volume) in funzione della temperatura per un tratto comprendente il punto di fusione rispettivo, la necessità di nuove determinazioni si imponeva; tanto più che, come è ben noto, la costante in parola varia non solo da sostanza a sostanza, ma anche, se pur in grado assai minore, da campione a campione della stessa sostanza, a causa delle inevitabili e spesso incontrollabili impurezze. Le misure di Young [1] per l'acido acetico vanno fino a 0°; ma son fatte per intervalli di temperatura assai grandi. Le formule di R. Schiff [2] per la variazione della densità del timolo e dell'anetolo con la temperatura, e cioè:

peso specifico del timolo liquido a $t^\circ = 0{,}94994 - 0{,}0_3 73269\,(t^\circ - 49^\circ{,}3) - - 0{,}0_5 1739\,(t^\circ - 49^\circ{,}3)^2$;

» » dell'anetolo liquido a $t^\circ = 0{,}9887 - 0{,}0_2 10125\,(t^\circ - 21^\circ{,}3) - - 0{,}0_4 1027\,(t^\circ - 21^\circ{,}3)^2$

possono essere applicate solo a partire dal punto di fusione.

Abbiamo dunque eseguito misure di peso specifico per il timolo, l'anetolo e l'acido acetico allo stato di corpi fusi e sopraffusi, per differenze di temperatura piccole (uno o due gradi), nei pressi del punto di fusione e per intervalli più grandi (cinque o dieci gradi) man mano che ci si allontanava nei due sensi da detto punto. Fu lasciato da parte l'acido palmitico come quello che presenta una sopraffusione difficile e molto breve.

Il picnometro adoperato era di forma cilindrica, con il collo graduato. Il volume era di cc. 24,3638 a 0°. Il riempimento veniva fatto per mezzo di un imbutino con canna capillare adatta, dopo accuratissimo lavaggio con miscela cromica ed acqua e prosciugamento con alcool ed etere.

Per determinare la capacità del picnometro abbiamo fatto uso di acqua distillata pura, e le misure sono state eseguite a 0° e alla temperatura ambiente.

Nelle varie esperienze di densità si otteneva la temperatura voluta per mezzo di ghiaccio, o di acqua e ghiaccio, o di acqua uniformemente riscaldata, posti in un vaso di dimensioni assai grandi rispetto a quelle del picnometro. Il liquido o il miscuglio del bagno venivano convenientemente agitati durante le esperienze. Si misurava la temperatura per mezzo di un buon termometro controllato diviso in decimi di grado. La temperatura, nel corso delle singole misure, non era costante in modo assoluto, ma non subiva oscillazioni maggiori di un decimo di grado.

La pesiera della bilancia di cui ci servimmo fu in precedenza controllata, tanto per i pesi in ottone come per quelli in platino.

Abbiamo calcolato i valori del peso specifico delle nostre sostanze alle varie temperature rispetto al peso specifico dell'acqua a 4° fatto uguale ad 1, adoperando la formula data dal Kohlrausch [3]:

$$s = \frac{m}{w}(Q - \lambda) + \lambda,$$

(1) Sc. proc. R. Dub. Soc. [N. S.] 12. Per i dati vedere la tabella precedente.
(2) Ann. d. Chemie 223; pag. 260 e 261.
(3) Prakt. Phys., pag. 75.

ove s è la ricercata densità alla temperatura data riferita all'acqua a 4°; m il peso apparente della sostanza contenuta nel picnometro a $t°$, quale è dato dalla bilancia; w il peso, pure apparente, di un ugual volume di acqua; Q la densità dell'acqua a $t°$; λ la densità dell'aria. Per λ abbiamo preso il valore medio, 0,00119. La quantità w è stata dedotta dalla formula:

$$w = w_0 (1 + \beta t°) Q/Q_0 ,$$

in cui w_0 è il peso dell'acqua del picnometro osservato a 0°; Q_0 la densità dell'acqua a 0°; e β il coefficiente di dilatazione cubica del vetro. Abbiamo fatto $\beta = 1/40000$, valore medio secondo Kohlrausch.

Nella seguente tabella sono riuniti i resultati delle nostre determinazioni.

Tabella XXXVIII.

Temperatura	Densità	Temperatura	Densità
	Timolo		
	(Punto di fusione oss. 49°,1).		
17°,6	0,97548	48°,7	0,95116
24,9	0,96996	50,6	5,94973
35,3	0,96176	55,4	0,94586
40,0	0,95810	59,9	0,94220
45,0	0,95419	70,2	0,93387
47,1	0,95426		
	Anetolo		
	(Punto di fusione oss. 20°,6).		
10,9	0,99839	22,4	0,98878
15,4	0,99464	25,1	0,98649
18,1	0,99240	28,8	0,98335
19,8	0,99097	34,0	0,97897
21,1	0,98984		
	Acido acetico		
	(Punto di fusione oss. 16°,1).		
4,9	1,06651	16,3	1,05421
9,5	1,06176	18,0	1,05218
12,3	1,05875	19,8	1,05014
14,0	1,05671	25,4	1,04404

Se poniamo, per ogni serie di esperienze, il volume occupato dalla sostanza, alla temperatura più bassa, uguale ad uno, dalle densità si ottiene, con un calcolo semplicissimo, il volume alle differenti temperature. Nella tabella seguente riportiamo queste grandezze.

Tabella XXXIX.

Temperatura	Volume	Temperatura	Volume
	Timolo.		
17°,6	1,00000	48°,7	1,02556
24,9	1,00569	50,6	1,02711
35,3	1,01426	55,4	1,03131
40,0	1,01814	59,9	1,03532
45,0	1,02231	70,2	1,04455
47,1	1,02416		
	Anetolo.		
10,9	1,00000	22,4	1,00971
15,4	1,00377	25,1	1,01206
18,1	1,00603	28,8	1,01529
19,8	1,00748	34,0	1,01983
21,1	1,00863		
	Acido acetico.		
4,9	1,00000	16,3	1,01166
9,5	1,00447	18,0	1,01361
12,3	1,00732	19,8	1,01558
14,0	1,00927	25,4	1,02152

Crediamo di poter assicurare che i valori da noi dati per la densità sono esatti fino alla quarta decimale, e che la variazione della densità e del volume con la temperatura ha un andamento affatto regolare, anche attraverso il punto di fusione. Infatti nelle curve (vedere la tavola VI) costruite con i valori dei volumi dati nelle precedenti tabelle, ed in cui i volumi sono riportati sull'asse delle ordinate tenendo conto in modo esatto solo della terza decimale, non si osservano punti singolari, e l'andamento di esse si allontana di poco dalla linea retta.

Abbiamo calcolato, dai valori surriportati della densità, le variazioni che questa subisce in funzione della temperatura di grado in grado centigrado negli intervalli presi in esame. Tali valori sono riuniti nella tabella seguente, ove con $\frac{dp}{dt}$ è appunto indicato il decremento che la densità subisce, nei corrispondenti limiti di temperatura, per l'aumento di un grado.

Tabella XL.

Temperatura	$\frac{dp}{dt}$	Temperatura	$\frac{dp}{dt}$
	Timolo.		
17°,6-24,9	0,00075	47°,1-48,7	0,00081
24,9-35,3	0,00078	48,7-50,6	0,00075
35,3-40,0	0,00077	50,6-55,4	0,00080
40,0-45,0	0,00078	55,4-59,9	0,00081
45,0-47,1	0,00082	59,9-70,2	0,00080
	Anetolo.		
10,9-15,4	0,00083	21,1-22,4	0,00081
15,4-18,1	0,00082	22,4-25,1	0,00084
18,1-19,8	0,00084	25,1-28,8	0,00084
19,8-21,1	0,00086	28,8-34,0	0,00084
	Acido acetico.		
4,9-9,5	0,00103	16,3-18,0	0,00119
4,5-12,3	0,00107	18,0-19,8	0,00113
12,3-14.0	0,00120	19,8-25,4	0,00108
14,0-16,3	0,00108		

La stessa cosa è stata eseguita per i volumi.

I coefficienti di dilatazione così trovati sono riportati qui appresso, indicati analogamente con $\frac{dV}{dt}$.

Tabella XLI.

Temperatura	$\frac{dV}{dt}$	Temperatura	$\frac{dV}{dt}$
	Timolo.		
17°,6-24,9	0,00077	47°,1-48,7	0,00087
24,9-35,3	0,00082	48,7-50,6	0,00081
35,3-40,0	0,00082	50,6-55,4	0,00087
40,0-45,0	0,00083	55,4-59,9	0,00089
45,0-47,1	0,00088	59,9-70,2	0,00089
	Anetolo.		
10,9-15,4	0,00083	21,1-22,4	0,00083
15,4-18,1	0,00083	22,4-25,1	0,00087
18,1-19,8	0,00085	25,1-28,8	0,00087
19,8-21,1	0,00088	28,8-34,0	0,00087
	Acido acetico.		
4,9-9,5	0,00097	16,3-18,0	0,00114
9,5-12,3	0,00101	18,0-19,8	0,00109
12,3-14,0	0,00114	19,8-25,4	0,00106
14,0-16,3	0,00103		

Per un andamento regolare (lineare) della densità e del volume occorrerebbe che tutti i valori di $\frac{dp}{dt}$ e $\frac{dV}{dt}$ fossero fra loro uguali per ogni sostanza. Ma ciò non può naturalmente verificarsi che con larga approssimazione, considerando che non si può garantire la quinta decimale del peso specifico.

Se si fa la media dei valori di $\frac{dp}{dt}$ si ottiene:

1) Per il timolo: valore medio di $\frac{dp}{dt} = 0{,}00078$.
2) Per l'anetolo: " " " " $= 0{,}00083$.
3) Per l'acido acetico: " " " " $= 0{,}00111$.

La densità alle diverse temperature, ottenuta per interpolazione in base ai decrementi suddetti, varia di grado in grado come appresso:

Tabella XLII.

Temperatura	Densità	Temperatura	Densità	Temperatura	Densità
		Timolo.			
17°	0,97594	35°	0,96190	53°	0,94786
18	0,97516	36	0,96112	54	0,94708
19	0,97438	37	0,96034	55	0,94630
20	0,97360	38	0,95956	56	0,94552
21	0,97282	39	0,95878	57	0,94474
22	0,97204	40	0,95800	58	0,94396
23	0,97126	41	0,95772	59	0,94318
24	0,97048	42	0,95644	60	0,94240
25	0,96970	43	0,95566	61	0,94162
26	0,96892	44	0,95488	62	0,94084
27	0,96814	45	0,95410	63	0,94006
28	0,96736	46	0,95332	64	0,93928
29	0,96658	47	0,95254	65	0,93850
30	0,96580	48	0,95176	66	0,93772
31	0,96502	49	0,95098	67	0,93694
32	0,96424	50	0,95020	68	0,93616
33	0,96346	51	0,94942	69	0,93538
34	0,96268	52	0,04864	70	0,93460
		Anetolo.			
10°	0,99913	19°	0,99166	28°	0,98419
11	0,99830	20	0,99083	29	0,98336
12	0,99747	21	0,99000	30	0,98253
13	0,99664	22	0,98917	31	0,98170
14	0,99581	23	0,98834	32	0,98087
15	0,99498	24	0,98751	33	0,98004
16	0,99415	25	0,98668	34	0,97921
17	0,99332	26	0,98585		
18	0,99249	27	0,98502		
		Acido acetico.			
4°	1,06750	12°	1,05862	20°	1,04974
5	1,06639	13	1,05751	21	1,04863
6	1,06528	14	1,05640	22	1,04752
7	1,06417	15	1,05529	23	1,04641
8	1,06306	16	1,05418	24	1,04530
9	1 06195	17	1,05307	25	1,04419
10	1,06084	18	1,05196	26	1,04308
11	1,05973	19	1,05085		

I valori medî di $\frac{dV}{dt}$ sono:

1) Per il timolo . . . . . 0,00084.
2) Per l'anetolo . . . . . 0,00085.
3) Per l'acido acetico . . . 0,00106.

I volumi calcolati in base a questi si trovano riuniti nella tabella riportata qui sotto.

Tabella LXIII.

Temperatura	Volume	Temperatura	Volume	Temperatura	Volume
		Timolo.			
17°	1,00000	35°	1,01461	53°	1,02973
18	1,00033	36	1,01545	54	1,03057
19	1,00117	37	1,01629	55	1,03141
20	1,00201	38	1,01713	56	1,03225
21	1,00285	39	1,01797	57	1,03309
22	1,00369	40	1,01881	58	1,03393
23	1,00453	41	1,01965	59	1,03477
24	1,00537	42	1,02049	60	1,03561
25	1,00621	43	1,02133	61	1,03645
26	1,00705	44	1,02217	62	1,03729
27	1,00789	45	1,02301	63	1,03813
28	1,00873	46	1,02385	64	1,03897
29	1,00957	47	1,02469	65	1,03981
30	1,01041	48	1,02553	66	1,04065
31	1,01125	49	1,02637	67	1,04149
32	1,01209	50	1,02721	68	1,04233
33	1,01293	51	1,02805	69	1,04317
34	1,01377	52	1,02889	70	1,04401
		Anetolo.			
10°,9	1,00000	19°	1,00688	28°	1,01453
11	1,00008	20	1,00773	29	1,01538
12	1,00093	21	1,00858	30	1,01623
13	1,00178	22	1,00943	31	1,01708
14	1,00263	23	1,01028	32	1,01793
15	1,00348	24	1,01113	33	1,01878
16	1,00433	25	1,01198	34	1,01963
17	1,00518	26	1,01283		
18	1,00603	27	1,01368		
		Acido acetico.			
4°,9	1,00000	12°	1,00752	20°	1,01600
5	1,00010	13	1,00858	21	1,01706
6	1,00116	14	1,00964	22	1,01812
7	1,00222	15	1,01070	23	1,01918
8	1,00328	16	1,01176	24	1,02024
9	1,00434	17	1,01282	25	1,02130
10	1,00540	18	1,01388	26	1,02236
11	1,00646	19	1,01494		

Crediamo inutile in questo caso di costruire le curve relative ai quozienti differenziali: evidentemente se non si considerano che le differenze relative ad un grado

e tenendo conto dei valori corrispondenti sino alla 4ª decimale si hanno delle rette parallele all'asse delle ascisse; se poi si volesse tener conto delle differenze riferendosi alla 5ª decimale si avrebbero delle curve irregolarissime, che però nulla ci direbbero perchè la 5ª decimale nelle nostre esperienze non è affatto sicura.

V.

Calore specifico.

Ci proponemmo di vedere come, in corrispondenza al rallentamento di temperatura in vicinanza del punto di fusione, variasse il calore specifico dei nostri liquidi, e questo anche in riferimento alle esperienze del Bruner e del Gnesotto, di cui terremo in seguito parola.

Già abbiamo accennato come calore specifico e ritardo nel raffreddamento debbono essere tra di loro in necessaria relazione. Aggiungeremo che sulla velocità del raffreddamento è basato un metodo di determinazione del calore specifico stesso, quello del Dulong e del Petit, che fu largamente usato dal Regnault, sia per le sostanze solide in polvere, per le quali non dètte resultati molto attendibili, sia per i liquidi, per i quali i risultati furono migliori. In poche parole il metodo è il seguente: se noi abbiamo due sostanze i cui pesi sieno p e p' e i calori specifici c e c' e facciamo raffreddare i due corpi per uno stesso intervallo di temperatura, se con t e t' indichiamo i tempi impiegati per passare dallo stesso stato iniziale allo stesso stato finale di temperatura, avremo la relazione $\frac{t}{t'} = \frac{pc}{p'c'}$, che ci permette facilmente di calcolare c essendo nota c'. È quindi evidente che ad ogni rallentamento nel raffreddamento delle sostanze deve corrispondere un aumento nel calore specifico e viceversa. Se talvolta sembra che ciò non avvenga, ciò potrebbe derivare dal fatto che i metodi adoperati non hanno, uno rispetto all'altro, finezza paragonabile, o che il resultato finale nei due casi si risente in modo molto diverso delle differenze di temperatura osservate: così è certo che nessun evidente parallelismo si avrebbe tra le curve dei calori specifici e quelle ordinarie o integrali di raffreddamento, pur sussistendo la relazione fondamentale tra calore specifico e velocità di raffreddamento.

Tra i diversi metodi per la determinazione dei calori specifici dei liquidi scegliemmo quello elettrico del Pfaundler descritto dal Kohlrausch (1), applicandolo a misure dirette. Un procedimento di tal genere hanno usato recentemente J. E. Mills e Duncan Mac Rae (2) per la misura del calore specifico del benzolo. Il metodo può

(1) Kohlrausch, Praktischen Physik, pag. 200.

(2) F. E. Mills and Duncan Mac Rae, *The specific heat of liquid Benzol and of its saturated vapor.* Journ. physical. Chemistry, *14* (1910), pag. 797.

dare i valori del calore specifico in intervalli piccoli di temperatura, e perciò si presta bene al nostro scopo. Si è fatto uso, per queste esperienze, dell'apparecchio della fig. 3, le cui varie parti sono le seguenti:

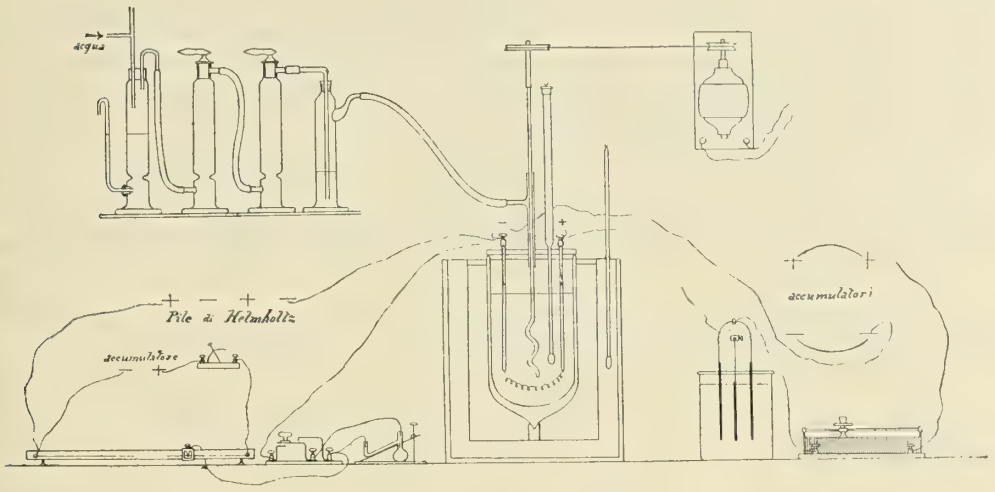


Fig. 3.

1) Un vaso calorimetrico costituito da un recipiente di Dewar ove si pone il liquido. Entro ad esso abbiamo un sottil filo di platino, lungo circa 90 cm., avvolto a larghe spire e saldato ai due capi a due tubicini di vetro ripieni di mercurio in cui pescano due grossi fili di rame muniti di morsetti. Inoltre pescano nel liquido un termometro di Beckmann e un agitatore foggiato ad elica. L'agitatore passa attraverso un tubicino a T ed è azionato da un motore elettrico. Un doppio tappo, munito degli opportuni fori, chiude il Dewar. Questo è fermato entro un grosso vaso di metallo a doppia parete, rivestito di una camicia di feltro. Fra le due pareti trovasi acqua e, immerso in essa, un termometro.

2) Una batteria di due accumulatori riuniti in superficie e fornita di resistenza regolatrice.

3) Un voltametro a rame. Nella figura la sezione è di fianco, cosicchè le piastre vengono ad esser rappresentate da tre linee. La centrale è il catodo.

4) Un dispositivo per misurare la differenza di potenziale ai morsetti della spirale di platino. L'insieme comprende (oltre a una batteria di pile di Helmholtz e ad un piccolo accumulatore con interruttore a mercurio) un filo di misura (ponte di Weathsthone) della lunghezza di un metro, un tasto a due contatti e un elettrometro capillare. Tutti questi apparecchi sono riuniti fra loro e con i morsetti della spirale, come è indicato in figura. Le pile di Helmholtz sono inserite in modo che la corrente vada nel senso inverso a quello in cui circola attraverso la spirale. Il loro voltaggio è noto per essere esse state paragonate con una Westhon. Il resto è disposto come per la misura della forza elettromotrice col metodo di compensazione. Quando il tasto è alzato come nella figura, l'elettrometro è chiuso su sè stesso; quando

il tasto si abbassa, il morsetto per cui entra la corrente è in comunicazione col pozzetto non capillare dell'elettrometro.

5) Un apparecchio essiccante, formato da due torri a cloruro di calcio e da una boccia ad acido solforico. Da un lato l'apparecchio comunica con il ramo trasversale del tubo a T (in cima aperto) per il quale passa l'agitatore; dall'altro è unito con un compressore ad acqua che può funzionare in modo continuo. Abbiamo aggiunto questo dispositivo per esser sicuri che il liquido da esaminare non si alteri durante le esperienze, essendo l'apparecchio aperto. E in tal modo infatti l'atmosfera del Dewar, al di sopra del liquido, resta invariata.

Per eseguire le determinazioni, si poneva una quantità esattamente misurata di liquido nel recipiente di Dewar, e, messo in moto l'agitatore, si riscaldava il detto liquido facendo passare attraverso la spirale la corrente costante fornita dalla batteria di accumulatori.

La misura del calore Joule (Q) sviluppatosi e ceduto al liquido e all'apparecchio [1], vien data dalla formola:

$$(1)\quad Q = 0{,}239 \times V \times I \times T - K(t - t^1) = pc(t - t^1),$$

in cui:

$0{,}239$ = calorie di un Joule;
V = differenza di potenziale ai morsetti della spirale, in volts;
I = Intensità della corrente, in ampère;
T = tempo durante il quale la corrente passa;
K = equivalente in acqua dell'apparecchio;
t = temperatura finale del liquido;
t^1 = temperatura iniziale del liquido;
p = peso del liquido;
c = calore specifico del liquido.

La differenza di potenziale si determina fino al millesimo di volt col metodo di compensazione. Abbiamo, nelle nostre condizioni di esperienza, ai morsetti della spirale di platino, una differenza di potenziale fra 1,2 e 1,5 volts, e si tratta di misurarla. In opposizione a questa c'è una delle Helmholtz di forza elettromotrice minore e nota.

Quindi la incognita differenza di potenziale si può considerare composta di due parti. Una di esse è uguale alla forza elettromotrice della Helmholtz e, perciò, conosciuta; la frazione che resta si determina appunto col metodo di compensazione, manovrando opportunamente il contatto scorrevole del ponte di Weathsthone, finchè il menisco di mercurio dell'elettrometro resti immobile, e facendo i relativi calcoli. La differenza di potenziale ai morsetti è data dunque dalla somma del numero dei volts che esprime la forza elettromotrice della Helmholtz adoperata, con quello resultante dalla suddetta misura. Per esser certi di un voltaggio costante, si fanno parecchie di queste determinazioni nel corso delle singole esperienze, ognuna delle quali ha la durata di una

[1] All'agitatore e alle altre parti interne.

diecina di minuti. Le pile di Helmholtz sono inserite, naturalmente, solo per un istante, quando si abbassa il tasto.

Il prodotto dell'intensità di corrente per il tempo vien trovato direttamente poichè abbiamo nel circuito primario il voltametro: la quantità di rame elettrolitico deposto al catodo (che vien pesato fino al decimo di milligrammo prima e dopo ogni esperienza) ci dice il numero dei coulombs.

Invece di pesare il liquido, se ne prende per le esperienze un volume noto (500 cm.^{3}) misurato alla temperatura di fusione, e nei calcoli, al posto di p, si usa il prodotto del volume per la densità, pure misurata alla temperatura di fusione, e le cui variazioni, piccolissime nei brevi limiti di temperatura delle esperienze, non hanno influenza notevole sui resultati.

La costante K si determina mettendo nel Dewar un volume d'acqua distillata (per cui $c = 1$) uguale a quello del liquido da esaminare, e si ricava dalla formula. Per il nostro apparecchio avemmo K = 74,0, media di 5 determinazioni.

La dispersione di calore, con le precauzioni prese, è piccola; tuttavia è bene tenerne conto. Noi facemmo esperienze di dispersione con l'acqua e con i liquidi da esaminare, per gli stessi intervalli di temperatura delle determinazioni di calore specifico e per temperature dell'ambiente uguali a quelle a cui le dette determinazioni venivano eseguite, nel medesimo apparecchio adoperato per le misure. Riportammo in diagrammi i valori trovati, e da questi diagrammi rilevammo i termini di correzione della temperatura, tenendone conto nei calcoli semprechè arrivassero al centesimo di grado, limite di esattezza del nostro termometro.

La formula (1), dopo quanto si è detto, si può scrivere:

$$Q = 0{,}239 \times V \times \frac{P}{E} - K(t - t^1) = vdc(t - t^1),$$

in cui:

P = peso del rame deposto al catodo del voltametro;
E = equivalente elettrolitico del rame;
v = volume del liquido;
d = densità del liquido.

Allora il calore specifico cercato è:

$$C = \frac{0{,}239 \times V \times \frac{P}{E} - K(t - t')}{vd(t - t')}.$$

Crediamo opportuno di trascrivere qui i dati forniti da una delle nostre determinazioni.

Nel Dewar sono 500 cm^3 di anetolo misurati a 20°.

Peso specifico dell'anetolo a 21°,6: 0,9855.

Peso del catodo	65 —	3,2069
» » » dopo il passaggio della corrente . .	65 —	2,9641
Cu deposto . . .		0,2428

$$\text{Coulomb } \frac{0{,}2428}{0{,}0003294} \text{ (1)}.$$

Pila Helmholtz in opposizione	volts	1,0299
Ponte mm. 170, corrispondenti a	»	0,3104
Differenza di potenziale agli elettrodi	»	1,3403

Temperatura finale	0,96	in gradi del Beckmann.
Temperatura iniziale	0,27	» » »
	$t - t'$ 0,69	

Temperatura ambiente 12°.
Dispersione di calore 0°,02.
Durata dell'esperienza minuti 10.

Per un intervallo di temperatura da 15°,68 a 16°,37 centigradi

$$C = \frac{0{,}239 \times 1{,}340 \times \frac{0{,}2428}{0.0003294} - 74 \times 0{,}71}{500 \times 0{,}9855 \times 0{,}71} = 0{,}524 \text{ a } 16°{,}02 \text{ (temperatura media)}.$$

I liquidi di cui abbiamo misurato il calore specifico sono l'acido acetico e lo anetolo, già, come si è detto, purificati. Nella seguente tabella riuniamo i valori ottenuti.

Tabella XLIV.

Acido acetico (2)		
Temperatura	Calore specifico	*Osservazioni*
13°,63	0,425	per il liquido sopraffuso
14°,92	0,438	
15°,41	0,445	
16°,53	0,459	al punto di fusione
18°,14	0,436	per il liquido fuso
18°,65	0,432	
18°,91	0,431	
20°,01	0,422	

(1) Equivalente elettrolitico del rame.

(2) Landolt, *Tabellen* etc. — Calore specifico dell'acido acetico liquido: 12-21° 0,473 (Massol e Guillot); 20-50° 0,5118 (Lüdeking); 21-52° 0,4932 (Marignac); 20-61° 0,5118 (von Reis); 26-96° 0,522 (Berthelot); 15-64° 0,5026 (Schiff); 18-111° 0,5357 (Schiff); 10-90° 0,537 (Guillot); 22-111° 0,532 (Louguinine).

Segue **Tabella XLIV.**

Anetolo		
Temperatura	Calore specifico	*Osservazioni*
16°,02	0,524	per il liquido sopraffuso
17°,03	0,551	
17°,92	0,607	
18°,99	0,678	
20°,15	0,691	
21°,73	0,605	al punto di fusione
22°,48	0,551	per il liquido fuso
24°,59	0,564	
25°,23	0,612	

Le curve relative a questa tabella si trovano nella tavola VIII.

Come si vede dai numeri su riportati, il calore specifico assume un valore massimo per l'acido acetico alla temperatura di fusione; per l'anetolo, a una temperatura di poco inferiore a quella del suo punto di fusione. Inoltre il calore specifico dello anetolo presenterebbe anche un minimo vicino a 24°. Questo comportamento ha analogia con quello del timolo, per cui il Bruner (1) trova un massimo del calore specifico verso 60°, a 10° circa sopra il punto di fusione; con quello del tiosolfato sodico, che, secondo le esperienze dello stesso Bruner (2), ha un massimo in prossimità del punto di fusione (48°), e secondo quelle di T. Gnesotto e G. Zanetti (3) presenta il massimo a 8° al di sopra del punto di fusione e un minimo fra 60° e 80°; infine con quello dell'acetato sodico idrato, per il quale T. Gnesotto e C. Fabris (4) riscontrano nel calore specifico un massimo seguìto da un minimo, per temperature di poco superiori a quella di fusione (57°,8). Abbiamo creduto utile di riportare anche le curve che rappresentano i resultati ottenuti da questi osservatori (tavola VII). Le curve del Gnesotto sono riprodotte da quelle pubblicate nelle note originali, quelle di Bruner costruite in base alle tabelle dei valori dati. Non abbiamo proseguito la curva del timolo a più alte temperature, perchè non c'è accordo fra i numeri riportati nella tabella ed il testo.

Ci proponiamo di esaminare in una prossima Memoria il fatto che l'iposolfito sodico e l'acetato sodico, pei quali si hanno massimi nel calore specifico secondo il Gnesotto e il Bruner, non presentano invece anomalie molto sensibili nelle curve differenziali di raffreddamento.

(1) L. Bruner, loc. cit.
(2) L. Bruner, loc. cit.
(3) T. Gnesotto e G. Zanetti, loc. cit.
(4) T. Gnesotto e C. Fabris, loc. cit.

VI.

Tensione superficiale e grandezza molecolare allo stato liquido.

La considerazione che fra i liquidi presentanti il fenomeno del rallentamento si trova l'acido acetico, il quale ha molecole associate anche ad alte temperature e perfino allo stato di vapore (1), ci indusse a ricercare se anche gli altri corpi che formano oggetto del nostro studio fossero polimerizzati intorno al punto di fusione, e come, ad ogni modo, questa polimerizzazione variasse nel passaggio dallo stato fuso al sopraffuso.

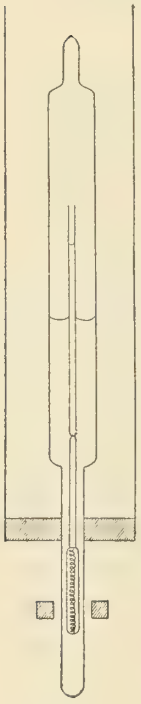


Fig. 4.

Per determinare la grandezza molecolare allo stato liquido, adoperammo il noto metodo di Ramsay e Shields (2), fondato sulla misura della tensione superficiale.

L'apparecchio (fig. 4) consta di un capillare aperto ad una estremità e saldato all'altra con una piccola bacchetta unita ad un tubicino chiuso dai due lati; tutti questi pezzi sono di vetro. Il capillare porta in basso una piccola apertura laterale.

Nell'interno del tubicino vi è una spirale di filo di ferro. Questo apparecchio si trova dentro un tubo di circa 1,5 cm. di diametro che tiene saldati nel senso della sua maggior lunghezza due altri tubi più piccoli. L'inferiore è lungo e chiuso; quello superiore è da principio aperto e viene poi, come diremo in seguito, saldato alla fiamma. Il tutto è contenuto in un largo manicotto per il quale circola acqua alla temperatura voluta. Solo il tubo inferiore sporge dal manicotto e viene a trovarsi fra i poli di una calamita, spostabile verticalmente e orizzontalmente.

Per eseguire le esperienze si lava prima di tutto il tubo descritto con miscela cromica, con acqua, con etere e con alcool, e vi si introduce poi il liquido da esa minare, riscaldato prima fortemente. Quindi vi si lascia dolcemente cadere il capillare preparato come si è detto e lavato nel modo precedente. Subito dopo l'apertura superiore del tubo vien chiusa alla fiamma: così il liquido si trova solo in presenza dei suoi vapori.

I capillari si scelgono fra molti pezzi dopo una accurata osservazione microscopica che ce ne assicuri l'uniformità per un tratto abbastanza lungo, e il diametro di essi è misurato (al millesimo di millimetro) con un buon comparatore, in parecchi punti della loro lunghezza.

Preparato il tubo col liquido da esaminare, si mette a posto nel manicotto, e, per mezzo di opportuni spostamenti della calamita, che agisce sulla spirale di ferro

(1) Ramsay e Young, Phil. Mag. (1887), 206.

(2) W. Ramsay e J. Shields, *Ueber die Molekulargewichte der Flüssigkeiten*, Zeitschr. f. phys. Chemie XII, pag. 433 (1893).

del tubicino, si solleva il capillare all'altezza più conveniente. Per mezzo degli spostamenti della calamita è anche possibile di bagnare completamente col liquido le pareti del capillare. Un filo a piombo annesso all'apparecchio serve a controllare la verticalità del tubicino.

L'elevazione del liquido nel capillare è determinata per mezzo di un catetometro, con il quale si può apprezzare il cinquantesimo di millimetro, e che è munito di cannocchiale a forte ingrandimento.

Per mantenere, durante le singole letture, a temperatura costante l'apparecchio, si fa circolare nel manicotto esterno dell'acqua, riscaldata o ghiacciata secondo i casi. Non abbiamo mai eseguito misure se prima la temperatura non era rimasta invariata per almeno un quarto d'ora. Per notare questa temperatura ci siamo serviti di un termometro centigrado diviso in decimi, che tenevamo immerso nell'acqua del manicotto, col bulbo vicino, per quanto era possibile, al tubo contenente il liquido in istudio.

Una volta conosciuta l'elevazione capillare, si risale, con gli opportuni calcoli, alla tensione superficiale e agli altri valori che si vogliono stabilire. In questi calcoli abbiamo preso come valore dell'intensità della gravità il numero 981,1; quanto alla densità dei varî liquidi si fa variare linearmente con la temperatura, partendo da due valori cogniti.

Prima di tutto, abbiamo fatto esperienze con un liquido di tensione superficiale nota, e a tal fine abbiamo scelto l'acqua, purificata per distillazione e cristallizzazione. Di essa riportiamo i valori ottenuti, insieme con i corrispondenti di Ramsay e Shields.

Tabella XLV.

Acqua raggio del capillare : $r = 0{,}0579$ cm.						Ramsay e Shields	
Temperatura t	Altezza capillare h	Densità δ	Tensione superficiale γ	Energia superficiale mol. $\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2/3}$	$\frac{d\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2/3}}{dt}$	γ	$\frac{d\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2/3}}{dt}$
13°,3	2,500	0,9993	70,96	487,57	0,907	71,50	0,89 fra 10° e 20°
26°,2	2,442	0,9968	69,14	475,86		69,67	0,93 » 20° e 30°

I liquidi dei quali si è misurata l'elevazione capillare, sono: l'acido acetico, l'anetolo, il timolo; per tutti sono state eseguite determinazioni almeno a tre diverse temperature: sopra, presso e sotto il punto di fusione. Mai la sostanza solidificò spontaneamente nel tubo. Nella seguente tabella sono raccolti: le temperature e le altezze capillari (corrette) date dalle esperienze; i valori della tensione superficiale, dell'energia superficiale molecolare, del coefficiente di temperatura e del coefficiente di associazione (x), calcolati secondo le note formule di Ramsay; e infine i valori della grandezza molecolare che se ne deduce ($M \times x$).

Tabella XLVI.

t	h	δ	γ	$\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2}/_{3}$	$\frac{d\,\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2}/_{3}}{d\,t}$	x	$\mathrm{M} \times x$
Acido acetico [1] $r = 0{,}0329$ cm.							
13°,8	1,614	1,055	27,48	406,40	1,256	2,194	$60 \times 2{,}194$
16°,0	1,604	1,053	27,25	403,63	1,160	2,472	$60 \times 2{,}472$
19°,9	1,588	1,049	26,88	399,11			
Timolo $r = 0{,}0208$ cm.							
22°,55	3,9565	0,9756	39,37	1130,18	2,066	1,040	$150 \times 1{,}040$
26°	3,935	0,9727	39,05	1123,05	2,292	0,8918	$150 \times 0{,}8918$
50°	3,768	0,9529	36,63	1068,02	1,943	1,140	$150 \times 1{,}140$
58°,95	3,716	0,9456	35,85	1050,63	1,990	1,100	$150 \times 1{,}100$
65°	3,680	0,9406	35,31	1038,59			
Anetolo [2] $r = 0{,}0329$ cm.							
10°,3	2,210	0,9945	35,47	996,12	2,433	0,808	$148 \times 0{,}808$
22°,85	2,1495	0,9848	34,15	965,45	2,644	0,718	$148 \times 0{,}718$
25°,1	2,137	0,9831	33,90	959,50	1,387	1,891	$148 \times 1{,}891$
34°,2	2,114	0,9760	33,29	946,875			

Nelle curve della tavola IX abbiamo riportato i precedenti valori della tensione superficiale (γ) in funzione della temperatura. Tutte queste linee si allontanano sempre un po' dalla retta, e l'anetolo presenta la maggior deviazione. È notevole che tali

(1) Ramsay e Shields dànno per l'acido acetico $\gamma = 23{,}46$ a 20°. Si basano però sull'altezza capillare calcolata dalla curva. Essi non cominciano le misure di tensione superficiale, per l'acido acetico, che a 130°; W. Ramsay und J. Shields, *Ueber die Molekulargewichte der Flüssigkeiten*, Zeitschr. f. physik. Chemie, *12* (1893), pag. 433.

(2) P. Walden, *Ausdehnungsmodulus, spezifisch Kohäsion, Oberflächenspannung* etc. Zeitschr. f. physik. Chemie, *65* (1909), pag. 129. Per l'anetolo stabilisce la formula $\gamma t = 36{,}61\,(1 - 0{,}00236\,t)$.

deviazioni si manifestano più spiccatamente in prossimità del punto di fusione. Ma, essendo esse assai piccole, non si possono prendere come base per affermazioni sicure.

Se poi si considera il coefficiente di associazione calcolato dalla tensione superficiale trovata, si vede che all'intervallo di temperatura comprendente il punto di fusione corrisponde la grandezza molecolare più semplice. Al punto di fusione le molecole si dissocierebbero, in molecole minori nei liquidi associati, in frazioni di molecole nei non associati.

Non mancano esempî nella vasta letteratura sulla tensione superficiale, di coefficienti di temperatura. e quindi anche di associazione, affatto anormali. Così P. Dutoit e L. Friederich (1) trovano per il coefficiente di temperatura valori che si allontanano notevolmente dalla media, concludendone però che $K = 2{,}12$ non è una costante unica per tutti i corpi; la signorina J. Homfray e Ph. A. Guye (2) osservano quasi sempre valori più grandi di 2,121, fino a un massimo di 3,68, e, per dare la spiegazione di questo fatto, emettono, fra le altre, l'ipotesi di una dissociazione nella fase liquida. Anche P. Walden (3) nota, per alcuni corpi, coefficienti di temperatura (K) anormali, come appare da questa tabella:

Tristearina (4)

t	k	x	$M \times x$
57°,7-68°,8	6,21	0,203	178
68°,8-80°,6	5,86	0,218	194
80°,6-91°,8	5,90	0,216	192
91°,8-105°,5	5,49	0,240	214

Le molecole della tristearina sarebbero straordinariamente dissociate, e il peso molecolare aumenterebbe con la temperatura.

Th. Renard e Ph. A. Guye (5) dànno per l'anetolo i valori della tensione superficiale in un intervallo di temperatura comprendente anche lo stato sopraffuso del corpo. Manca però la determinazione di γ al punto di fusione. Riportiamo questi valori nella seguente tabella:

(1) P. Dutoit et L. Friederich, *Sur la tension superficielle de quelque liquide organique*, Comptes rendus etc., *130* (1900), pag. 327.

(2) J. Homfray et Ph. A. Guye, *Tensions superficielles et complexité moléculaire de corps actifs homologues*, Journal de Chimie physique, *1* (1903), pag. 505.

(3) P. Walden, *Ueber einige abnorme Temperaturkoeffizienten der molekularen oberflächen Energie von organischen Stoffen*, Zeitschr. f. physik. Chemie, *75* (1911), pag. 555.

(4) Fonde transitoriamente a 55°; p. f. 71°,5 (Heintz).

(5) Th, Renard et Ph. A. Guye, *Mesures de tensions superficielles à l'air libre*, Journal de Chimie physique, *5* (1907), pag. 81.

Anetolo

$r \times 10^5 = 1522$

t	h	δ	γ	$\gamma\,(\mathrm{Mv})^{2}/_{3}$
8°,3	4,861	1,011	36,71	1019
41°,4	4,531	0,983	33,25	941
55°,2	4,401	0,971	31,89	910
81°,3	4,160	0,948	29,45	854

Anche secondo questi dati la tensione superficiale non è precisamente una funzione lineare della temperatura, sebbene le deviazioni siano più piccole di quelle osservate da noi.

VII.

Considerazioni generali.

Dall' insieme delle ricerche di cui viene riferito in questa prima Memoria, risulta evidente che alcune sostanze allo stato di sopraffusione presentano innegabilmente un andamento singolare, una discontinuità durante il raffreddamento, la singolarità esplicandosi in un rallentamento nel raffreddarsi stesso in vicinanza della temperatura corrispondente al punto di fusione; oltrepassato questo punto, per un intervallo più o meno grande di temperatura, il raffreddamento procede di nuovo in modo regolare. Questo fenomeno — che in onore dello scopritore proponiamo si chiami « fenomeno Moreschini » — non viene presentato, in modo così evidente, da tutte le sostanze sovraffuse, ma solo da alcune poche tra quelle da noi esaminate. Non possiamo però affermare che ciò non possa anche derivare dal fatto che il metodo di indagine non possieda la sensibilità necessaria, come sembrerebbe probabile per alcune considerazioni che svolgeremo tra poco, e che per conseguenza un metodo più sensibile non possa mostrare esser questa una proprietà generale della materia allo stato di sovraffusione: ad ogni modo, certo sarebbe che dalle diverse sostanze sovraffuse essa è presentata in grado notevolmente diverso. Su questo argomento ci proponiamo di portare in breve il nostro contributo sperimentale, adoperando se sarà possibile, metodi più sensibili per la determinazione delle curve di raffreddamento. Abbiamo anche messo in rilievo come, tracciando le ordinarie curve di raffreddamento, il fenomeno non viene a mettersi in evidenza, mentre appare manifesto modificando convenientemente nel modo da noi adottato il metodo grafico, cioè prendendo come variabili le temperature ed i tempi impiegati dalla colonna termometrica a percorrere successivi intervalli di temperatura: in altri termini riferendoci alle così dette curve differenziali.

Le sostanze che presentano in modo eminente il « fenomeno Moreschini », non hanno molta analogia fra di loro; solo può dirsi che sono tutte sostanze organiche

contenenti ossidrile: ma d'altra parte, sostanze perfettamente analoghe a quelle che presentano il fenomeno, non lo dànno affatto (acido acetico in confronto coll'acido formico). Relazioni tra le diverse proprietà fisiche delle sostanze impiegate ed il presentarsi del fenomeno Moreschini sembrerebbe non esistessero come risulterebbe dalla ispezione delle tabelle II e III; ma è questione che merita di essere approfondita.

Come era da prevedersi singolarità perfettamente analoghe si hanno quando per una sostanza medesima si studiano le variazioni nel riscaldamento invece che nel raffreddamento: si ha, in vicinanza del punto di fusione, un'accelerazione nel riscaldamento stesso.

È però a parer nostro innegabile che, anche quando non si ha in modo evidente il fenomeno Moreschini, nondimeno, per la maggior parte delle sostanze studiate, delle leggere anomalie si manifestano sempre, o si manifestano a preferenza, nelle vicinanze della temperatura corrispondente a quella di fusione, sia nelle curve differenziali, sia in quelle integrali: le anomalie in tali casi si rivelano come leggere modificazioni nella curvatura, nella inclinazione delle curve, come piccole irregolarità. Studî eseguiti con maggior finezza di metodi esperimentali potranno decidere se realmente sempre al punto di fusione si ha qualche anomalia, e se le differenze esistono sempre, ma solo si manifestano in grado differente, come aveva supposto il Moreschini. Ciò vale per il fenomeno del raffreddamento (e, come sembra naturale, anche per il calore specifico): per le variazioni nella densità e nei volumi proprio nessuna anomalia si manifesta intorno al punto di fusione.

Secondo abbiamo detto in un altro luogo, è facile il prevedere come le sostanze che presentano il « fenomeno Moreschini » debbono anche dar luogo a quel massimo nel calore specifico, scoperto per la prima volta dal Bruner e poi accertato da T. Gnesotto e dai suoi collaboratori; ed infatti le nostre previsioni si sono trovate pienamente in accordo colle esperienze da noi eseguite sull'anetolo e sull'acido acetico. Però, mentre, per l'esperienza di T. Gnesotto, tanto l'acetato sodico quanto il tiosolfato sodico presentano delle anomalie nel calore specifico, le corrispondenti singolarità non si hanno nelle curve di raffreddamento, ossia non si ha per queste due sostanze il « fenomeno Moreschini ». Questo fatto porterebbe quasi a supporre che ciò dipendesse dalla finezza minore del metodo del raffreddamento rispetto a quello del calore specifico; giacchè sembrerebbe, come già abbiamo messo in evidenza, che se si ha un massimo nel calore specifico, anche si debba avere un rallentamento nel raffreddarsi della sostanza. Le esperienze di maggior precisione, di cui abbiamo parlato, serviranno a decidere la questione.

Poichè le nostre indagini sui cambiamenti di volume delle sostanze sovraffuse, sia misurando direttamente le contrazioni avvenute durante il raffreddamento, sia misurando i cambiamenti di volume in funzione della temperatura, non hanno potuto mettere in evidenza nessuna singolarità, e le curve si presentano come perfettamente regolari, di nessuna singolarità essendovi accenno in vicinanza della temperatura di fusione, ne deriverebbe che nessuna speciale unione di molecole ha luogo, tale che importi cambiamenti di densità. Le esperienze sulla tensione superficiale, che portano anche a determinazioni approssimate di complessità molecolare, e che ad ogni modo sono sempre di un certo valore per giudicarne, quando si tratti della medesima sostanza a temperature

differenti, ci dicono che qualche singolarità si presenta, specialmente per l'anetolo, in vicinanza del punto di fusione; e questa singolarità si esplicherebbe piuttosto nel senso che la complessità molecolare si farebbe minore invece che maggiore. Nondimeno non riteniamo ancora sufficientemente estese le esperienze per poterne trarre conclusioni sicure, pure essendo certi che anomalie esistono in vicinanza del punto di fusione.

Non è molto facile di tentare una adeguata spiegazione del « fenomeno Moreschini » e, in genere, delle singolarità che le sostanze sovraffuse possono presentare in corrispondenza alla temperatura di fusione. Quella spiegazione invocata dall'Abegg, nel riferire sul lavoro del Moreschini, non ci sembra in nessun modo accettabile. Infatti vero è che il Rudberg aveva trovato che raffreddando delle leghe perfettamente liquide di piombo e stagno, ad esempio, si aveva una certa fermata nel raffreddamento a una temperatura dipendente dalla composizione iniziale della lega, e poi una seconda fermata, indipendente questa dal percentuale dei componenti. Ma la spiegazione che dà l'Ostwald di questi fenomeni presuppone sempre la separazione di sostanze solide, il che non avviene nei casi considerati dal Moreschini e da noi, giacchè noi sempre abbiamo rigettato ogni esperienza in cui apparisse una traccia di solidificazione; e d'altra parte alcune delle sostanze, come il timolo e l'anetolo, potevano restare a sè giorni e mesi senza che vi fosse il minimo accenno a solidificazione, sia a temperature molto inferiori a quelle di fusione, sia a temperature ad essa vicine. Il « fenomeno Moreschini » starebbe in verità ad indicare una specie di tendenza alla cristallizzazione, quasi diremmo una cristallizzazione abortita, in seguito alla quale nel liquido sovraffuso si ha sviluppo di calore. Ma il fatto che il fenomeno è presentato in grado eminente da sostanze che si possono mantenere così facilmente, per tanto tempo e a temperature così basse, ed anche, del resto, così vicine al punto di fusione, allo stato di sovraffusione, indicherebbe che piccolo è il numero dei germi e piccola la velocità di cristallizzazione; onde, almeno pel timolo, non sembrerebbe probabile di ammettere che si formino dei germi ai quali sia dovuto il fatto del riscaldamento. Bisognerebbe invece supporre la formazione di numerosi germi invisibili che, pur non riuscendo a unirsi in germi di maggiori dimensioni, tali da diventare visibili e determinare la cristallizzazione, provocherebbero movimenti molecolari: sarebbe il movimento delle molecole che cercano di unirsi per formare i germi cristallini, quello che determina il riscaldamento della massa, senza però che l'unione possa realmente avvenire, come mostrerebbe lo studio delle altre proprietà fisiche, che non parlerebbero, almeno per ora, in favore di una avvenuta associazione molecolare. Il fenomeno, così interpretato, ci darebbe in un certo modo una misura dei movimenti delle molecole, quando tendono ad aggregarsi per formare germi cristallini, la cristallizzazione pur non potendosi poi per altre ragioni effettuare.

Noi ci proponiamo di indagare, e, se è possibile, di mostrare mediante lo studio di altre proprietà fisiche, che realmente in vicinanza del punto di fusione vi è nella massa liquida un maggior movimento molecolare, una maggiore mobilità delle molecole stesse. È sopra tutto lo studio delle costanti termiche, di cui riferiremo in una prossima Memoria, quello che ci permetterà di affrontare il problema. Bene inteso che non tralasceremo quelle determinazioni che possano ancora illuminarci sulla complessità molecolare, sopra eventuali polimorfismi, sulla viscosità, ecc., ecc.

I fenomeni da noi studiati presentano analogie con quelli che offre l'acqua nelle vicinanze della temperatura di 4°; e su questa analogia presto ritorneremo, discutendo sulle varie interpretazioni che dei fatti relativi si è cercato di dare. Anche una certa somiglianza si ha col fenomeno dei cristalli liquidi, ed abbiamo in corso varie esperienze atte a stabilire se i liquidi che presentano il fenomeno Moreschini sono perfettamente isotropi alla temperatura di fusione, e se offrono qualche singolarità all'indagine ultramicroscopica.

VIII.

RIASSUNTO.

In questa Memoria:

1°) si sono determinate, per molte sostanze allo stato di sovraffusione, le curve di raffreddamento con due metodi diversi, dei quali uno è quello solito a praticarsi, l'altro, quello differenziale, è più adatto a mettere in evidenza le singolarità che possono manifestarsi durante il raffreddamento;

2)° è stato mostrato, in modo irrefutabile, contrariamente all'opinione generalmente accettata, che alcune sostanze, allo stato di sovraffusione, mostrano, in vicinanza della temperatura di fusione, un comportamento singolare, che si esplica in un rallentamento nel raffreddarsi, onde ne risultano discontinuità nelle curve differenziali di raffreddamento: a questo fenomeno viene proposto di dare il nome di « fenomeno Moreschini », in onore del chimico che lo scoprì;

3°) non tutte le sostanze allo stato di sovraffusione dànno luogo in modo evidente a tale fenomeno, e, per queste, le curve di raffreddamento risultano quindi regolari; qualche piccola anomalia però quasi sempre si osserva;

4°) per le sostanze che presentano il fenomeno in questione, furono determinate le contrazioni di volume durante il raffreddamento e le variazioni di volume misurate col metodo picnometrico, e nessuna singolarità fu riscontrata con sicurezza alla temperatura del punto di fusione;

5°) si è accertato che le sostanze, le quali presentano il fenomeno del rallentamento, mostrano pure alla corrispondente temperatura un massimo nel calore specifico, mentre non sempre — col metodo sperimentale impiegato — si è potuto stabilire l'inverso;

6°) si è trovato che le sostanze che presentano le singolarità nelle curve di raffreddamento offrono singolarità nelle variazioni della tensione superficiale col variare della temperatura: singolarità, sulla natura delle quali non possiamo ancora giudicare e che si manifestano, in modo più o meno evidente, in vicinanza della temperatura di fusione;

7°) si è discusso, in base a considerazioni di indole molecolare, quale poteva essere la spiegazione delle singolarità presentate dalle sostanze studiate;

8°) si è esposto in qual modo si intende di proseguire in questo campo di ricerche aventi per oggetto le sostanze allo stato di sovraffusione.

Curve di raffreddamento (differenziali).

Ascisse: Temperatura.
Ordinate: Differenze fra i tempi impiegati dalla colonna termometrica a percorrere le successive divisioni della scala e il tempo occorrente a percorrere la divisione iniziale.

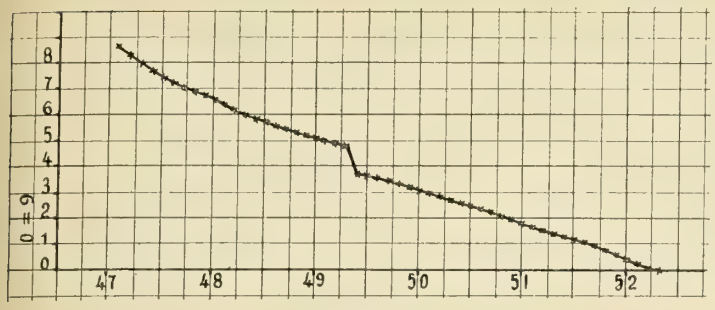


Fig. 1.
Timolo (p. f. 49°,4).

Fig. 2.
Acido palmitico (p. f. 62°,4).

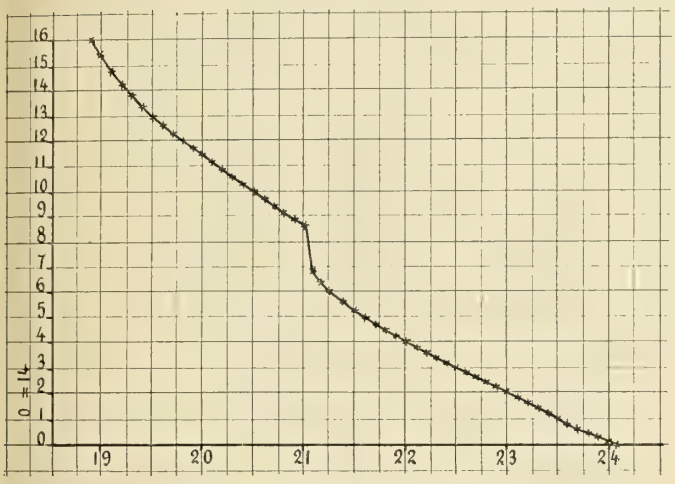


Fig. 3.
Anetolo (p. f. 21°).

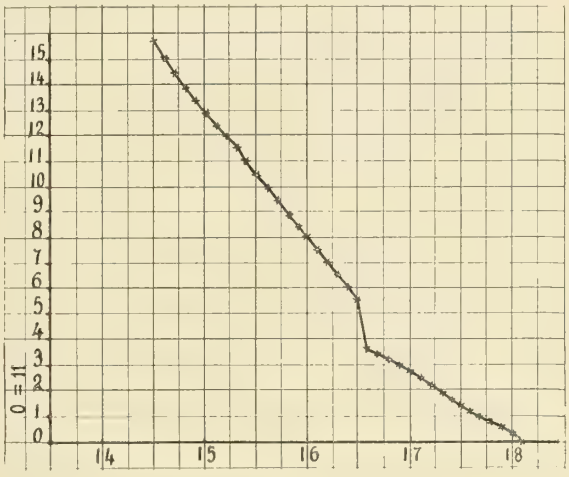


Fig. 4.
Acido acetico (p. f. 16°,5).

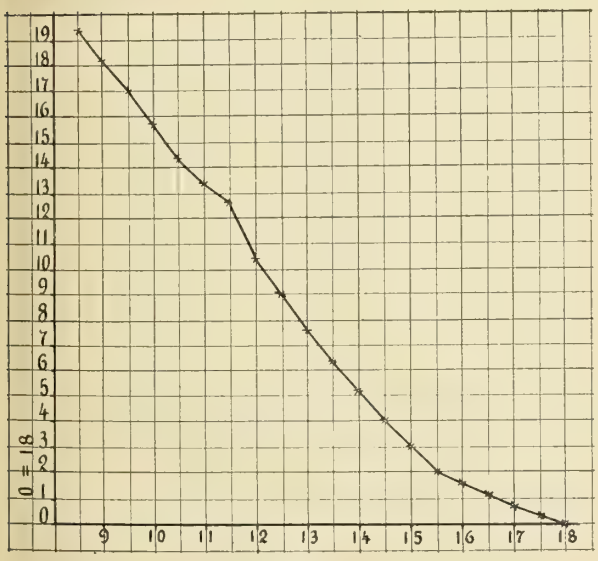


Fig. 5.
Acido acetico col 2,5 % di acqua (p. f. 11°).

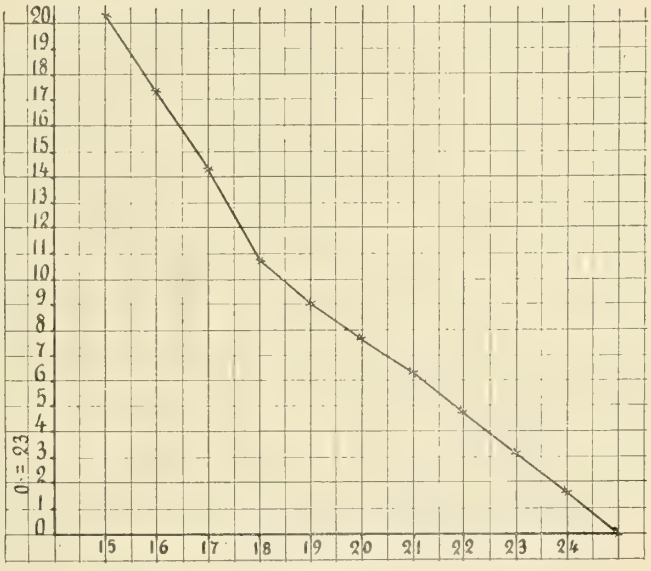


Fig. 6.
Anetolo col 2,5 % di benzolo (p. f. 18°).

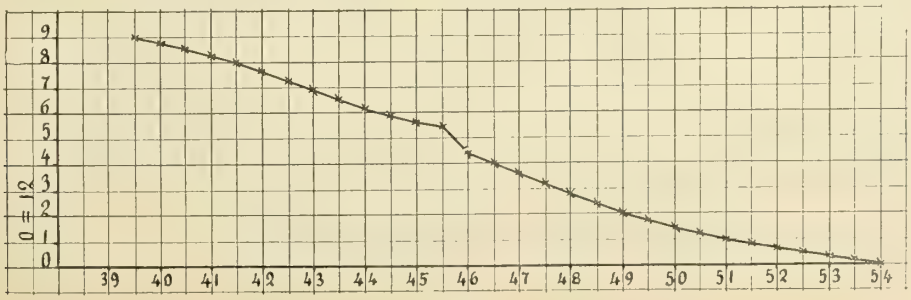


Fig. 7.
Timolo col 2,5 % di benzolo (p. f. 45°,8).

Curve di raffreddamento (differenziali).

Ascisse: Temperatura.

Ordinate: Differenze fra i tempi impiegati dalla colonna termometrica a percorrere le successive divisioni della scala e il tempo occorrente a percorrere la divisione iniziale.

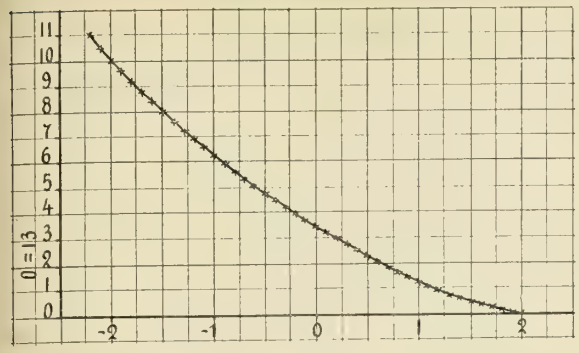


FIG. 1. — Acqua (p. f. 0°).

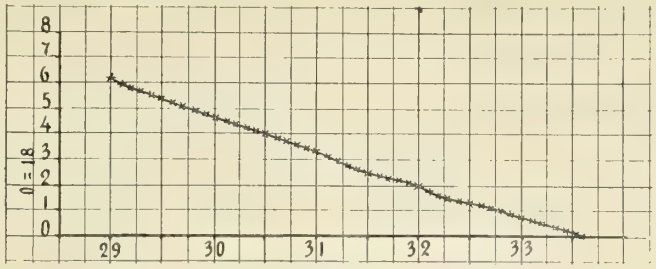


FIG. 2. — Alcool cinnamico (p. f. 30°,7).

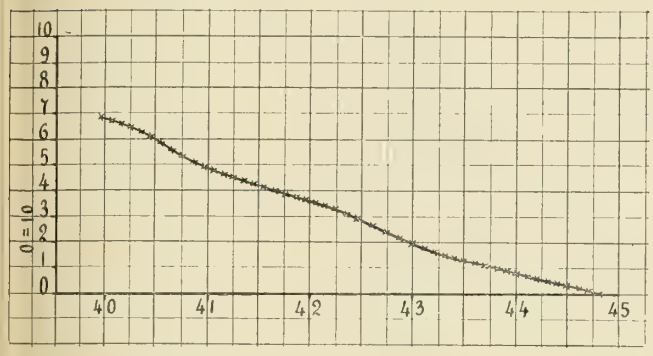


FIG. 3. — Salolo (p. f. 41°,1).

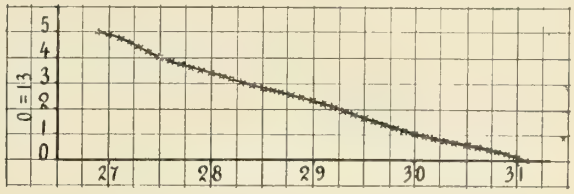


FIG. 4. — Apiolo (p. f. 28°,9).

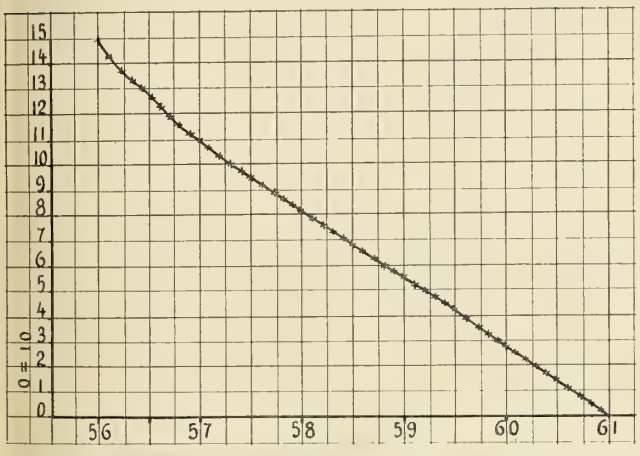


FIG. 5. — Acetato sodico (p. f. 58°,2).

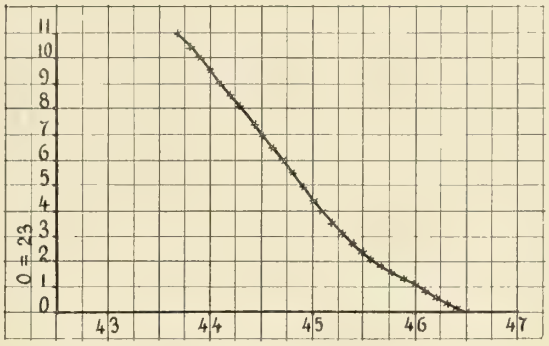
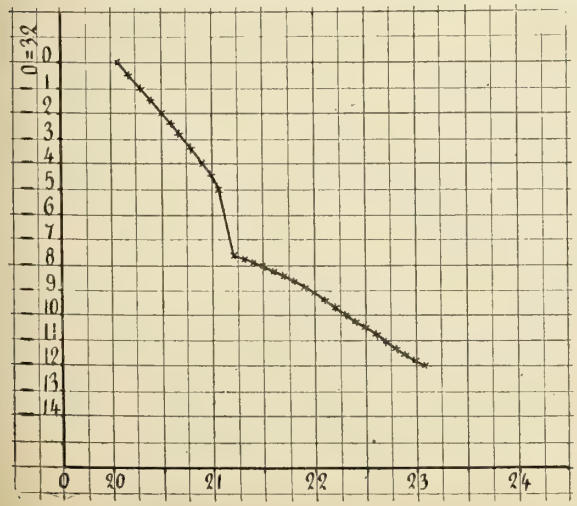


FIG. 6. — Tiosolfato sodico (p. f. 45°,1).

Curva di riscaldamento.

Ascisse: Temperatura.

Ordinate: Differenze fra il tempo impiegato dalla colonna termometrica a percorrere la divisione iniziale della scala e i tempi occorrenti a percorrere le successive.



Anetolo (p. f. 21°).

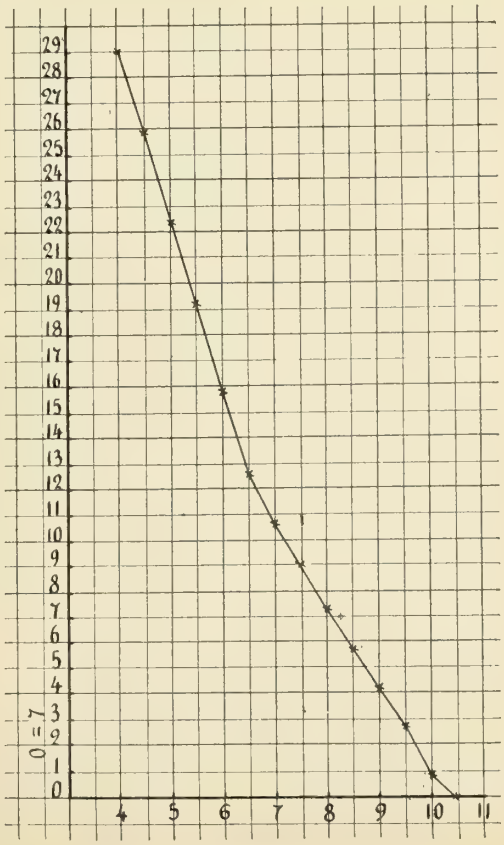


FIG. 7. — Benzolo (p. f. 5°,3).

Curve di raffreddamento.

Ascisse: Tempo. — *Ordinate*: Temperatura.

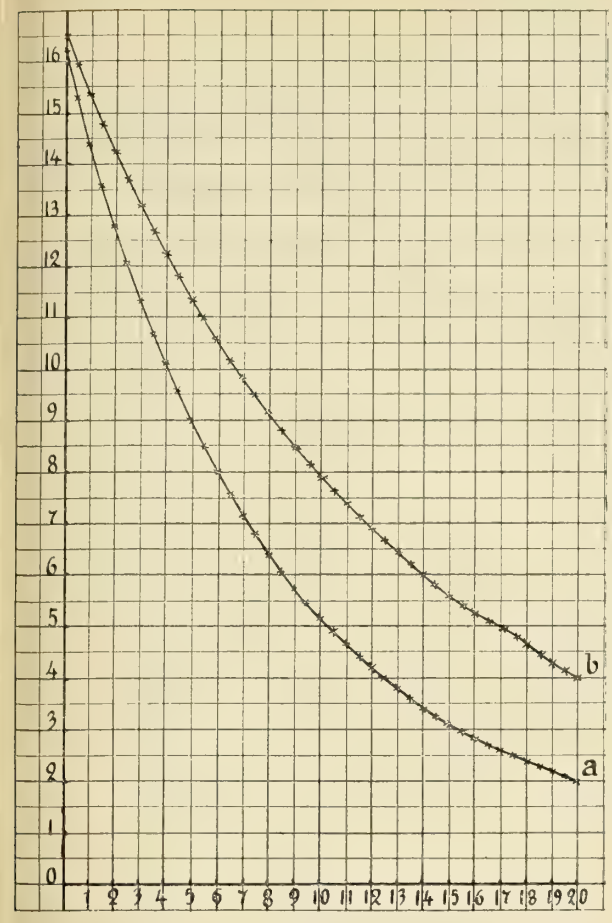


Fig. 1.
Benzolo (*a*) (p. f. 5°,3) e Acido formico (*b*) (p. f. 7°,5).

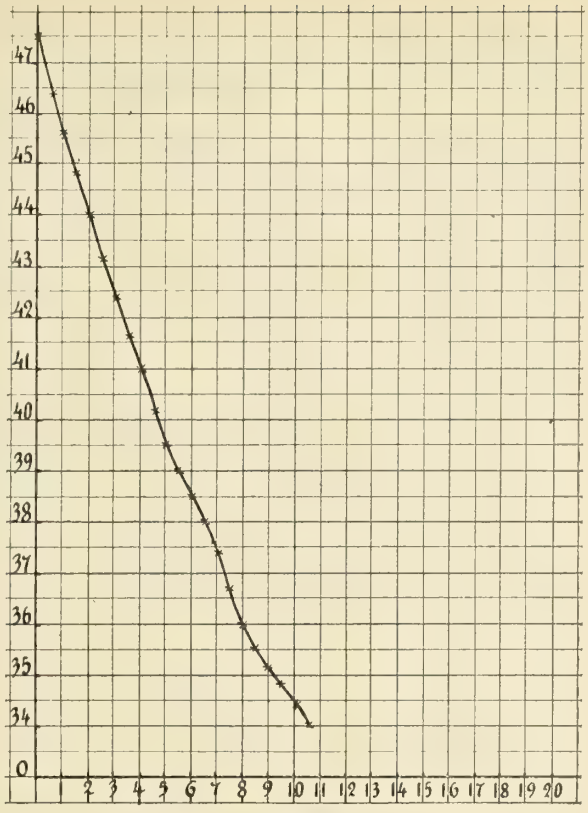


Fig. 2.
Fenolo (p. f. 38°).

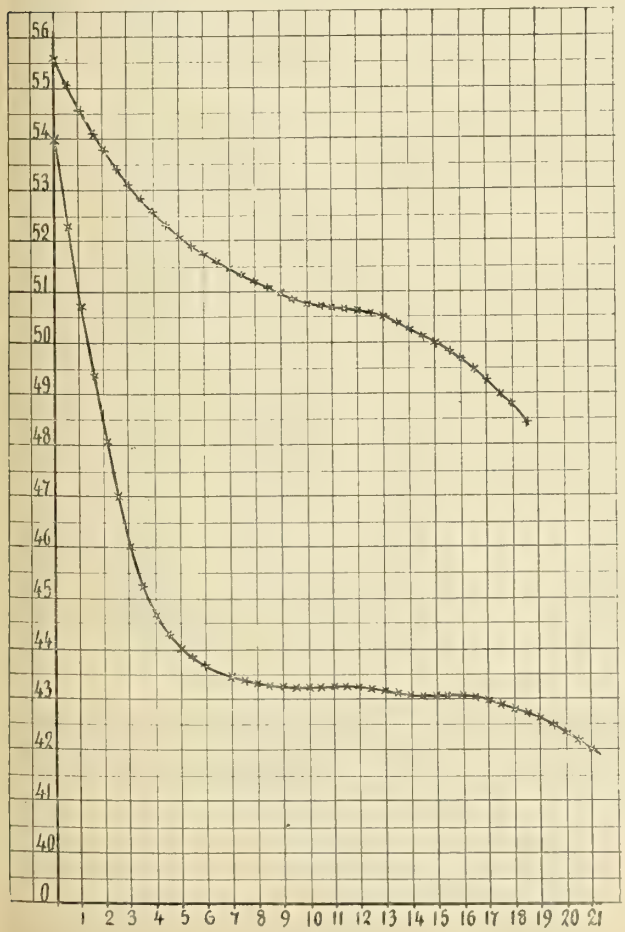


Fig. 3.
Acido miristico (curva sup.) (p. f. 52°,5)
e Acido laurinico (curva inf.) (p. f. 43°,5).

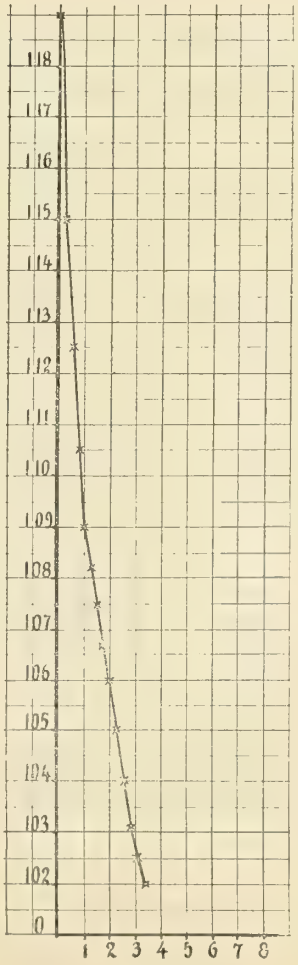


Fig. 4.
Solfo (p. f. 109°,5).

Curve di raffreddamento.

Ascisse: Tempo. — *Ordinate*: Temperatura.

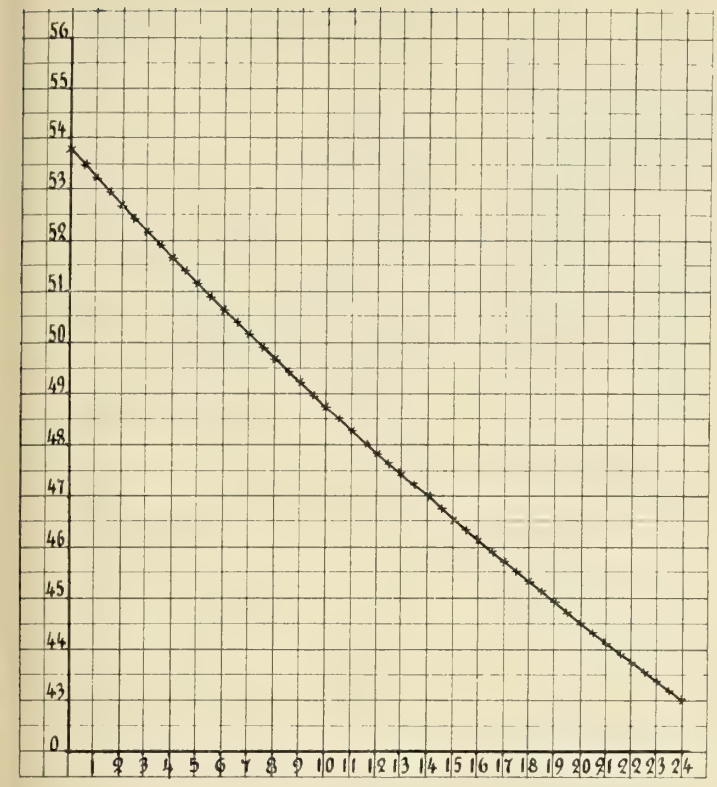


Fig. 1.

Timolo col 2,5 % di benzolo (p. f 45°,8).

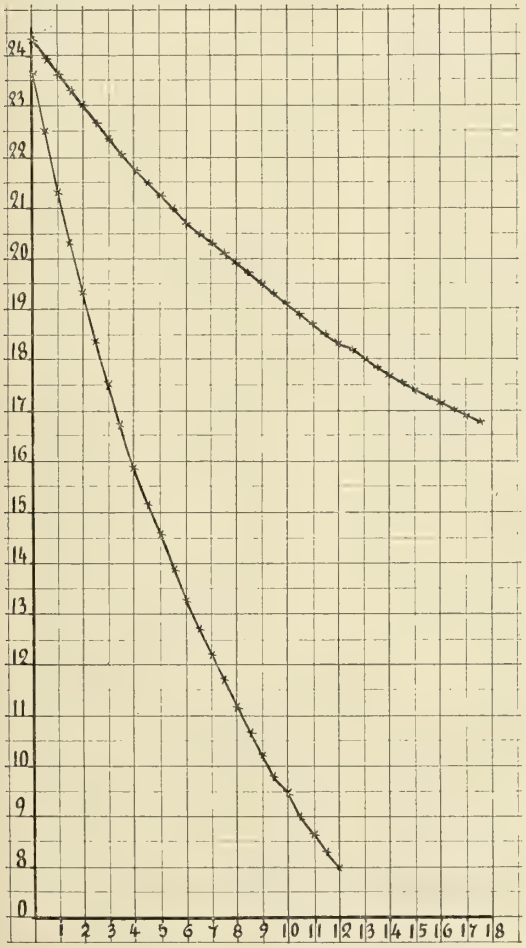


Fig. 2.

Anetolo col 2,5 % di benzolo (curva sup.) (p. f. 18°)
e Acido acetico col 2,5 % di acqua (curva inf.) (p. f. 11°).

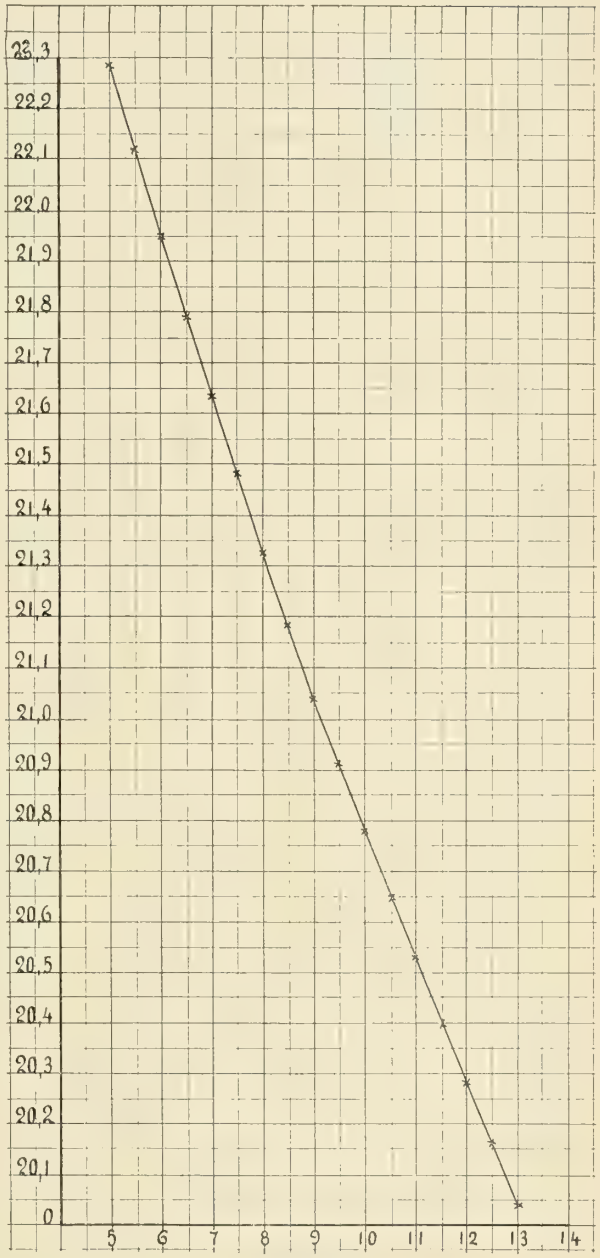


Fig. 3.

Anetolo (p. f. 21°).

Variazione del volume con la temperatura.

Ascisse: Temperatura. — *Ordinate*: Contrazioni lineari osservate.

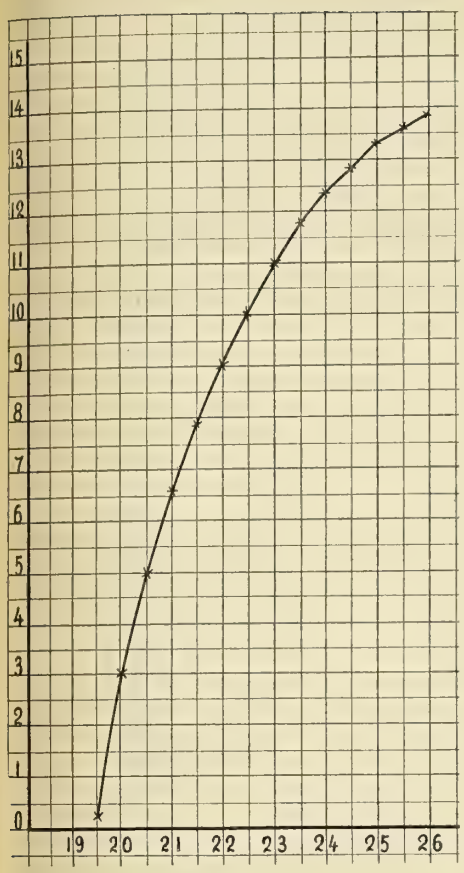


Fig. 1.
Anetolo (p. f. 21°).

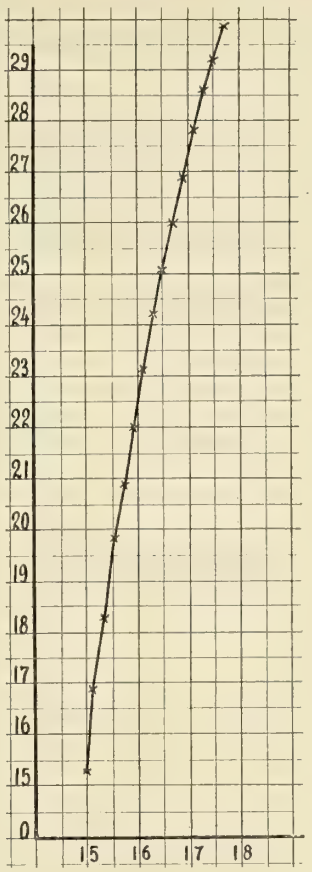


Fig. 2.
Acido acetico (p. f. 16°,5).

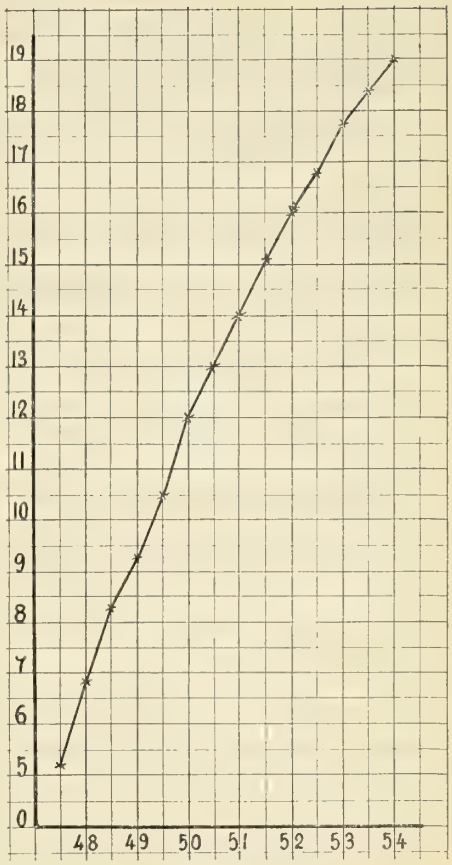


Fig. 3.
Timolo (p. f. 49°,4).

Variazione del volume con la temperatura.

Ascisse: Temperatura. — *Ordinate*: Volume calcolato dalla densità.

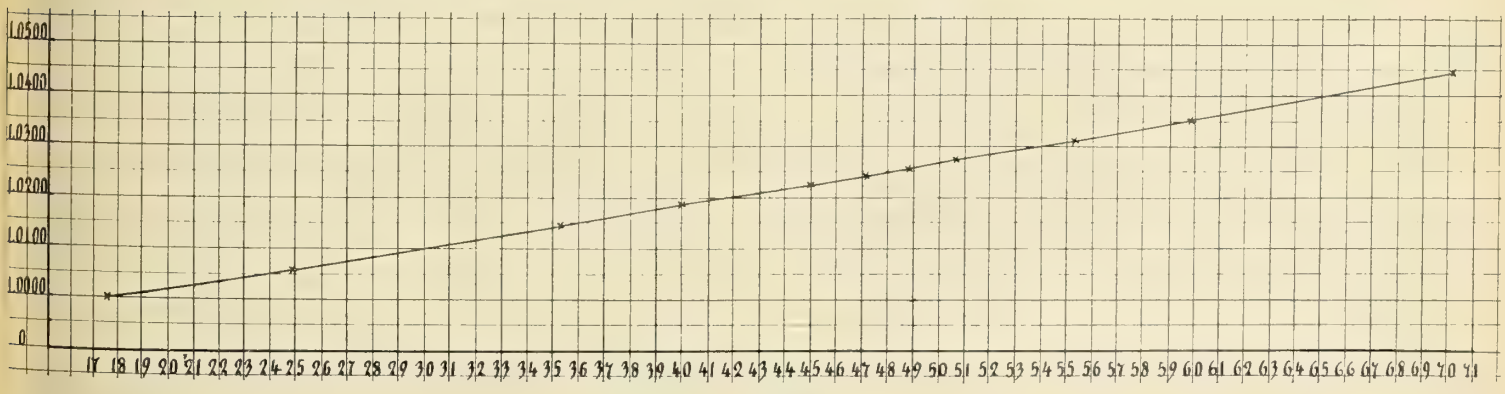


Fig. 1. — Timolo.

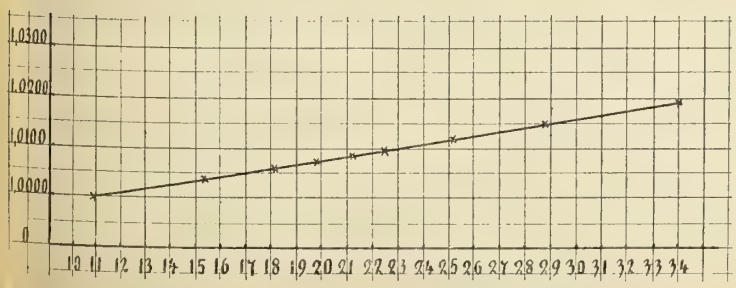


Fig. 2. — Anetolo

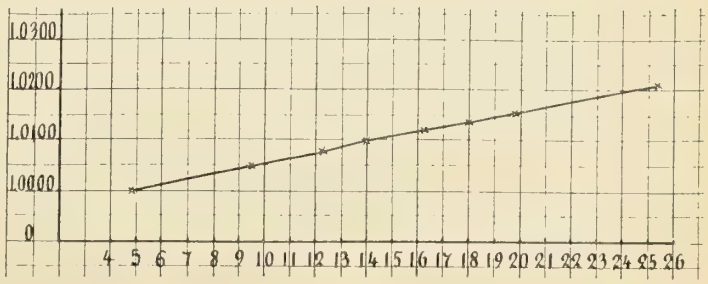


Fig. 3. — Acido acetico.

Calore specifico.

Ascisse: Temperatura. — *Ordinate*: Calore specifico.

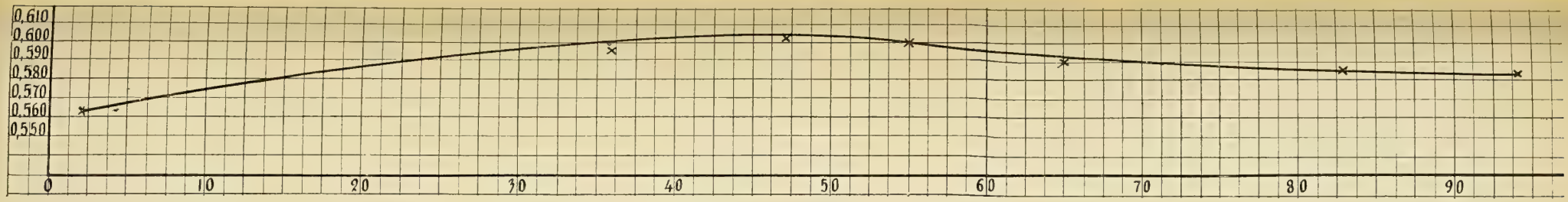


FIG. 1. — Iposolfito di sodio (p. f. 48°) (BRUNER).

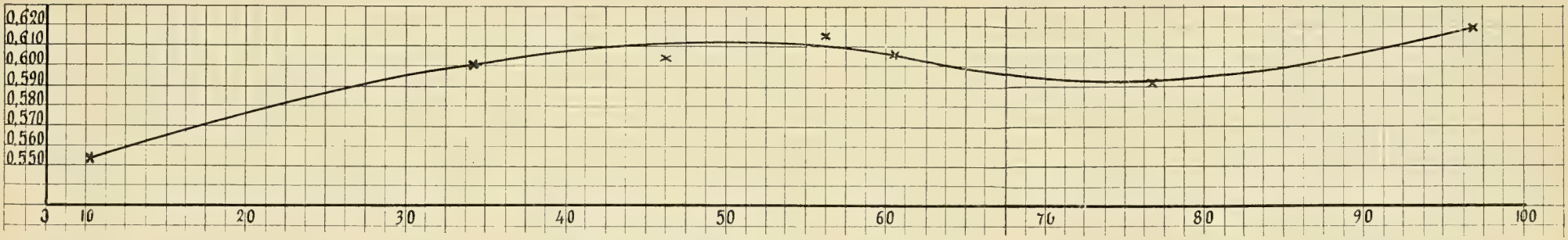


FIG. 2. — Iposolfito di sodio (p f. 48°,8) (GNESOTTO)

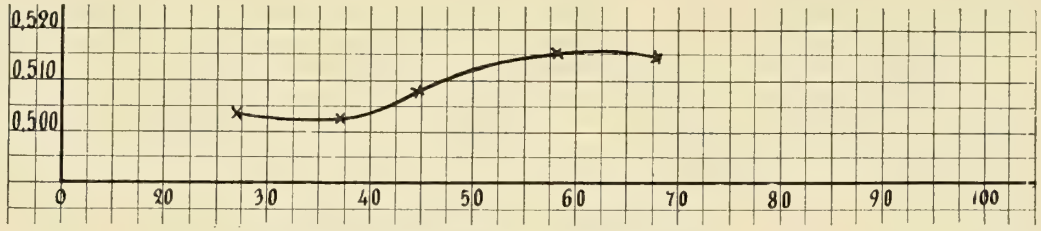


FIG. 3. — Timolo (p. f. 49°,5) (BRUNER).

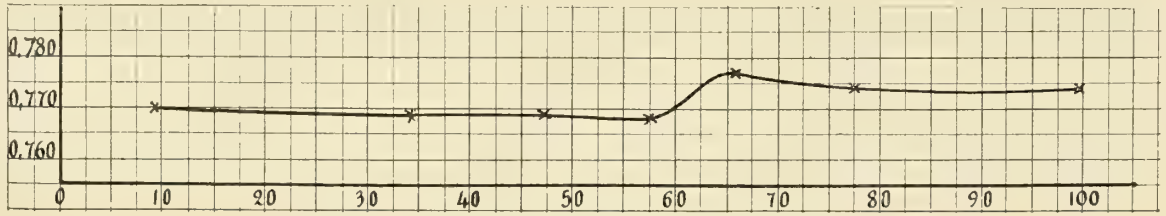


FIG. 4. — Acetato di sodio (p. f. 57°,8) (GNESOTTO).

Calore specifico.

Ascisse: Temperatura. — *Ordinate*: Calore specifico.

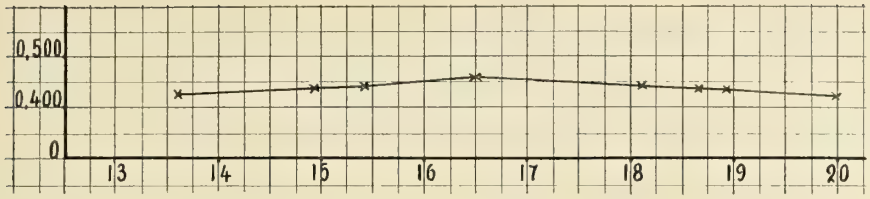


Fig. 1.
Acido acetico (p. f. 16°,5).

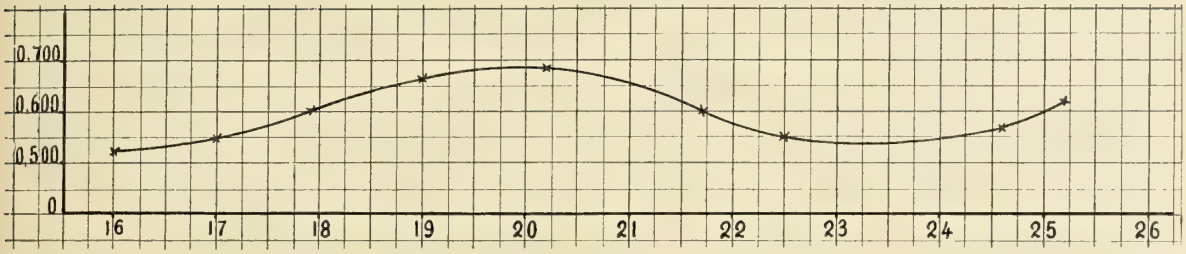
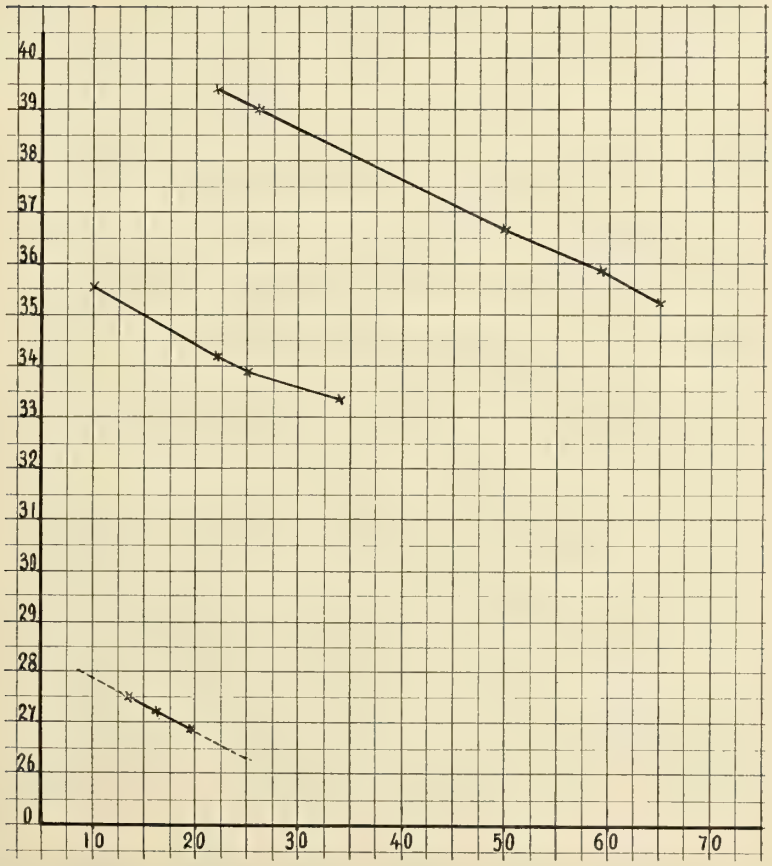


Fig. 2.
Anetolo (p. f. 21°).

Tensione superficiale.

Ascisse: Temperatura. — *Ordinate*: Tensione superficiale.



Dall'alto in basso: Timolo (p. f. 49°,4); Anetolo (p. f. 21°); Acido acetico (p. f. 16°,5).

RELAZIONE

letta dal Socio Strüver, relatore, a nome anche del Socio Viola, nella seduta del 5 gennaio 1913, sulla Memoria del prof. Domenico Lovisato dal titolo: *Le specie minerali finora trovate nelle granuliti di Cala Francese all'isola della Maddalena.*

Il prof. Domenico Lovisato, il quale, durante la sua lunga permanenza in Sardegna, ha contribuito non poco alla conoscenza della mineralogia, della geologia e della paleontologia dell'isola, enumera e descrive in questa Memoria i minerali trovati da lui nella granulite (o granitite dei petrografi tedeschi) della Cala Francese all'isola della Maddalena. Sono ben 32 specie di minerali accessorî la cui presenza fu constatata in quella roccia, oltre ai componenti essenziali, cioè quarzo, feldspato monoclino e triclino (microclino e albite) e mica biotite. Nella Memoria sono intercalate numerose analisi chimiche (14) eseguite dal prof. Rimatori e dal dott. Manis. La vostra Commissione propone l'inserzione della Memoria nei volumi dell'Accademia.

Le specie minerali finora trovate nelle granuliti di Cala Francese all' isola della Maddalena.

Memoria di DOMENICO LOVISATO

La Sardegna, terra classica rappresentante la più antica parte d'Italia, che quale rovina del nostro Mediterraneo testimonia il maggior avanzo dell'antica Tirrenide, è regione eminentemente granitica, mascherata da una serie assai varia di forme litologiche, che dal prepaleozoico più antico vanno ininterrottamente fino al cretaceo, coperte bizzarramente quella e queste per buona parte dell' isola dalle roccie del vulcanico antico e recente, e dalle formazioni sedimentarie del terziario, le quali dall'eocene inferiore arrivano fino al miocene superiore, piano che finora non ho saputo trovare nell' isola bella, nella quale manca altresì il pliocene, che costituisce il fatto più caratteristico per la geologia isolana ed italiana.

Le roccie granitoidi dal massiccio del Limbara, nel quale vanno conglobati i frammenti, che costituiscono l'arcipelago maddalenino, particolarmente colle isole di Maddalena e di Caprera, si estendono ad occidente fin oltre Vignola per ricomparire poi alla più lontana Asinara, e da quest'altra parte a meridione si continuano sotto Terranova per S. Teodoro, congiungendosi per Torpè e Lodè al massiccio di Nuoro da una parte, e dall'altra a quello dell'Ogliastra, che con sensibili interruzioni si mostrano di nuovo nel Sarrabus fino a Capo Carbonara, dal quale si continuano quasi fino al Mortorio, non lungi da Quarto S. Elena, assai vicino a Cagliari, dove scompaiono sotto il lenzuolo terziario del miocene medio, per ricomparire da un lato e dall'altro del Capo Spartivento, formando la parte più meridionale dell' isola, e ricomparendo a Capo Pecora, si uniscono colla massa, dove stanno le miniere di Gennamari ed Ingurtosu, e coll'altro massiccio interno del Salto d'Oridda, e specialmente di Arbus, non lungi dalle miniere di Montevecchio.

Di tutte queste roccie granitoidi, svariatissime per grana, per colorito, per compattezza, per durezza, per resistenza, per lavorabilità ed anche per bellezza, quella che eccelle fra tutte è senza dubbio la massa di Cala Francese alla parte occidentale dell' isola della Maddalena sotto il forte di Nido d'Aquila, in piccola, ma bella insenatura, ben riparata dal mare e di facile ancoraggio. Questa piccola rada fornita

di banchina della lunghezza di circa 60 metri, permette di attraccare a velieri di 500 tonnellate ed anche a piroscafi di 800 tonnellate.

Il materiale in blocchi di ogni dimensione viene facilmente trasportato alla banchina dai varî centri di produzione mediante forti carrelli sopra binarî o per mezzo di funicolari, delle quali sono provviste quelle cave, facendone poi l'imbarco senza alcuna difficoltà mediante potenti grù a vapore, che possono caricare pezzi di circa nove tonnellate di peso.

Le cave di Cala Francese sono note da lunga pezza (1), ma solo da una diecina d'anni hanno cominciato a godere il bel nome, che meritano, attraendo anche l'attenzione degli studiosi per le bellezze mineralogiche e litologiche che rinserrano.

Rigorosamente parlando a Cala Francese un vero granito nel senso del Fouqué e del Michel Levy non l'avrei trovato, esistendo però, ma eccezionalmente in altri punti della stessa isola di Maddalena, di Caprera e delle altre isole di quel vasto arcipelago.

La superba tipica roccia di quelle cave sarebbe per me una granulite, roccia che avrebbe attraversato i veri graniti molto tempo dopo il loro consolidamento, passando poi alle microgranuliti, che vennero in seguito. E per potere in certo modo giustificare tale mia distinzione di granito e di granulite, che così facilmente van confusi anche dai non profani per le differenti scuole professate, e che sono in ogni modo di due differenti età, mi gode l'animo di qui ripetere ciò che mi disse un giorno il Fouqué all'Istituto di Francia a tale riguardo. Il venerato ed indimenticabile scienziato della Sorbona, dopo avermi fatto spiccare i grossolani caratteri distintivi fra il vero granito, certamente antichissimo, e la vera granulite, paleozoica anch'essa per la Sardegna, ma del granito assai più recente, così mi diceva: « dovunque voi trovate in uno stesso distretto le due roccie, voi potete ritenere senza « tema di grave errore, che le granuliti, sieno carbonifere, come noi abbiamo nei nostri « monti vogesi ».

Nè posso credere più giovani del carbonifero le granuliti sarde, delle quali il maggior massiccio compare alla parte nord-est dell'isola col Limbara e sue appendici. Non possiamo quindi accettare l'ipotesi del prof. Brugnatelli, che avrebbe voluto vedere una certa rassomiglianza fra le roccie granitoidi dell'Elba e talune della Maddalena, regalate dal Riva all'Università di Pavia, ipotesi resa di pubblica ragione abbastanza recentemente dal prof. Taramelli con queste parole (2): « Se mancano « sufficienti studî di confronto tra il granito terziario dell'Elba e quello delle forma- « zioni ofiolitiche dell'Appennino settentrionale, l'argomento però ora viene tenuto di « mira da un nostro collega, il prof. L. Brugnatelli, che mi avvertiva della somi-

(1) Queste cave furono esercitate da molte ditte, delle quali ricorderò quella della « Banca di costruzioni » di Genova, che ne tenne l'esercizio forse dal 1868 al 1875. Seguirono altri coltivatori, fra i quali non posso dimenticare l'inglese ing. Giorgio Bertlin, passando poi nel 1898 alla ditta Marcenaro e Grondona di Genova, che nel 1901 ampliò l'azienda, la quale continua ancora oggi sotto la ragione « Società esportazione graniti sardi » e sotto l'intelligente direzione del sig. Attilio Grondona con un numero d'operai che dal massimo di 450 va al minimo di 150.

(2) *A proposito di una nuova ipotesi sulla struttura dell'Appennino.* Estratto dai *Rendiconti del R. Ist. Lomb. di sc. e lett.*, serie II, vol. XLI, 1908, pag. 134.

« glianza di tale granito altresì con talune rocce della Maddalena, dove è molto « probabile che sieno avvenute, come all'Elba, delle iniezioni laccolitiche di granito « in epoca terziaria ». Alla Maddalena e nelle roccie granitoidi di tutta la Sardegna noi potremo vedere portate a giorno dalle erosioni meteoriche, ma specialmente dagli scavi, delle laccoliti di granuliti di *facies* diversa dalle superficiali e più facilmente ancora delle masse di microgranuliti; a Cala Francese anche delle concentrazioni di roccie filoniane e lamprofiriche, che, come ricorderò più tardi, si presentano semplicemente con un unico dicco alla superficie di quelle cave, ma anche tutte queste possibili forme laccolitiche e filoniane e lamprofiriche per la Sardegna io le ritengo paleozoiche o tutto al più dei primi tempi del secondario, mai del terziario, al quale vengono riferite le roccie granitoidi dell'isola dell'Elba, colle quali le sarde non hanno per me alcuna parentela.

Abitualmente, e specie nel commercio, si dà il nome di granito a qualunque roccia granitoide, che serva non solo per la pavimentazione delle strade, ma specialmente per opere decorative ed ornamentali: così si dà senz'altro il nome di granito alle rinomate roccie granitoidi di Baveno, di Montorfano, di San Fidelino, di Orta, dell'Elba, del Giglio, ecc. per l'Italia, e per l'estero a quelle di Moravia, degli Urali, di Striegau (Slesia) e di tante altre località.

Ma diciamolo francamente, quando in Italia e fuori si parla di granito italiano, da tutti, intelligenti o profani, si corre tosto colla mente alla splendida roccia di Baveno, riguardata finora come il miglior granito, che si conosca. Oggi però non soltanto per la bontà, ma anche per la durezza, per la bellezza e specialmente per la resistenza allo schiacciamento ed alla rottura la bella roccia di Baveno deve cedere il posto alla superba granulite di Cala Francese, la quale per le numerose esperienze fatte occupa senza dubbio il primo posto fra tutte le roccie granitoidi, che finora si conoscono.

Infatti per le prove fatte dal prof. Cesare Cerradini della R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri di Roma risulterebbe che la resistenza allo schiacciamento della nostra granulite sarebbe di 1169 chil. per centimetro quadrato, ossia quasi tripla di quella della roccia di Baveno, data in chil. 422,60, e quasi doppia di quella di altri graniti, perchè, mentre pel granito di Normandia la si dà in chil. 700, per quello di Calangianus (Tempiese, quindi ancora sardo) in chil. 653,70, per quello grigio di Brettagna in chil. 650, pel granito verde dei Vosgi in 620 chil., per quello del Limbara in 590 chil., abbiamo che per quello di Montorfano si scende fino a 515,99 chil. e per quello dei Vosgi fino a 420 chil. (1).

A me pare che queste cifre, che non saranno mai un'opinione, unite alla bellezza della roccia ed alla sua bontà per la lavorazione, bene ci autorizzino a proclamare la granulite di Cala Francese come la prima fra tutte le pietre da costruzione, che si conoscano nel gruppo delle roccie granitoidi, essendo inferiore per durezza semplicemente ai porfidi ed a qualche basalto.

(1) *Granito di Cala Francese* (*Nido d'Aquila*). *Isola della Maddalena-Sardegna,* per il rappresentante in Napoli della « Società esportazione graniti sardi ». Ing. Antonio Gonsalez del Castillo, Napoli, 4 gennaio 1902.

Non posso dimenticare anche i risultati che si ebbero con prove fatte su queste granuliti nell'agosto 1906 nel laboratorio federale di esperienze dei materiali, annesso alla Scuola politecnica di Zurigo, dove, secondo il direttore di quella scuola P. Schule, risulterebbe che la bella granulite normale di Cala Francese presentò la resistenza alla compressione di 2439 chil. per ogni centimetro quadrato di superficie, ciò che rappresenterebbe quasi il sestuplo di quella della bellissima e celebrata roccia di Baveno, senza parlare degli altri graniti contemplati superiormente, sia nazionali che esteri.

La bontà di tale materiale ornamentale e da costruzione l'ha esperimentata forse per la prima la città di Genova colla pavimentazione della sua via Roma, fatta fin dal 1873 e che ancora oggi, dopo 39 anni d'uso, resiste assai bene al transito, sapendosi che per quella via, oltre che passare tutti i rotabili diretti ad oriente della città, non esclusi i pesantissimi carri con paste e grano per Nervi e viceversa, dopo l'inizio dei lavori di via XX Settembre, vi affluiscono anche tutti gli omnibus, vetture per quella provenienza e viceversa. Quella pavimentazione fu varie volte rimossa per dar luogo nel sottosuolo stradale alla costruzione di condotti, al collocamento di tubi, di cavi elettrici, e superiormente alla posatura dei binari tramviari, senza che le lastre ed i dadi di quella granulite subissero alcun deterioramento, mentre lo provarono gli altri materiali meno resistenti, che qua e là si vollero sostituire od adoperare per altre vie.

In questi 39 anni nessuna specie di manutenzione fu sostenuta dal municipio di Genova per la via Roma, se si vuole eccettuare una rigatura, ma assai poco profonda per la durezza della roccia, praticata verso l'anno 1890. Si aggiunga che, quando furono messi i binari tramviari in via Roma, si levarono da via S. Giuseppe, anzi Balilla, come dice lo stesso ing. Gonsalez (1), una cinquantina di metri quadrati, sostituendoli con arenarie; ma dopo tre soli anni, sebbene queste arenarie non fossero sottoposte che al transito degli omnibus suburbani e delle vetture provenienti da via Portoria, furono ridotte in cattivo stato, mentre il materiale di Cala Francese, messo da 39 anni perdura ancora in ottime condizioni (2).

E si comprende come, dopo così eloquenti prove colle bellissime roccie maddalenine, e dopo aver anche esperimentato le roccie omonime dell'isola del Giglio e dello stesso Baveno, con risultati alle volte non molto superiori a quelli delle arenarie, Genova approfittasse delle superbe granuliti di Cala Francese per la pavimentazione di altre sue vie, come Garibaldi, XX Settembre, corso Buenos Aires, Carlo Alberto, Milano, Fantuzzi, del Commercio, oltrechè per iscopi decorativi, essendo suscettibile quella magnifica granulite di bellissima e facile levigatura, come vediamo per diversi palazzi della Galleria Mazzini e per molte lapidi del suo camposanto, ricordando come sia già pronto il materiale per la decorazione dei frontoni delle gallerie del Faro e delle Grazie pel porto per conto delle ferrovie dello Stato, oltrechè

(1) Lavoro citato, pag. 7.

(2) In una pavimentazione di strade non vi è cosa peggiore del miscuglio di pietre di differente durezza, giacchè la corrosione avviene in ragione inversa della durezza e quindi anche la deformazione della superficie stradale.

quello necessario per le basi del nuovo molo delle Grazie nello stesso porto, per le banchine del nuovo porto delle Grazie, al molo vecchio ed al ponte Assueto, e per la pavimentazione di diverse nuove piazze e vie, come piazza Deferrari, piazza G. Verdi, piazza Denegro, via della Borsa, ecc. (1).

L'aspetto generale della tipica granulite di Cala Francese è omogeneo, di una bella tinta rosea chiara, a grana per lo più media, ma anche minuta; è dura, compatta, ma così facile alla lavorazione da poterla ridurre a qualunque forma, dalla più grossolana alla più fina, potendosi inoltre portare alla levigatura più perfetta. Per l'estensione del massiccio e per la bontà della roccia Cala Francese permette l'estrazione di massi di ogni dimensione, avendo io visto dei pezzi lavorati, che non sono poi infrequenti, di 7 od 8 tonnellate di peso, corrispondenti a superbi blocchi uniformi di 3 e più metri cubi, fra i quali mi piace ricordare alcuni andati a Malta, altri a Taranto ed altri ancora a Genova per le sue gallerie, e poi di ogni sorta di forma, come ho già detto, che per la loro mirabile resistenza alla frattura ed allo schiacciamento, come pure ho già ricordato, si rendono adatti ad opere di qualunque genere, ma specialmente di grande resistenza, quindi per lavori portuari, bacini di

(1) Dopochè le cave divennero proprietà della ditta « Società esportazione graniti sardi » la lavorazione a Cala Francese prese un incremento straordinario, perchè le ordinazioni aumentarano non solo all'interno, ma anche all'estero. Senza tener conto di tale materiale granulitico messo in opera per molte delle fortificazioni dell'estuario, per la pavimentazione della stessa cittadina di Maddalena e della bella colonna elevata al Grande Morto di Caprera nel 1908 in una delle piazze di Maddalena stessa, non dimenticheremo il materiale adoperato pel monumentale ponte Colombo sul Letimbro in Savona colla pavimentazione della sua via Paleocopa e piazza omonima, come pure di via della Lanterna a Sampierdarena per conto della provincia di Genova, non trascurando la pavimentazione di varie altre cittadine, come Busalla, Ravenna, ecc.; per la piazza Nazionale oltre un tratto di via Marina e via Poggio Reale di Napoli, che approfittò di queste durature roccie pei suoi grandi bacini di carenaggio, nonchè per le decorazioni dei palazzi di piazza della Borsa, di via Depretis e di altri. Taranto ricorse a questo eccellente materiale pei gargani del bacino Principe di Napoli e per le camere d'introduzione e gargani del nuovo grande bacino di carenaggio in costruzione: altrettanto fece Palermo pei gargani del suo nuovo grande bacino, e Venezia per le banchine della nuova stazione marittima alla Giudecca, constandomi come il 7 gennaio p. partisse da Cala Francese il piroscafo *Nicolò Tomaseo* con un carico di 800 tonnellate di granulite lavorata per quei lavori, nonchè per i gargani e coronamenti del grande nuovo bacino in costruzione nel regio arsenale marittimo della stessa Venezia. A Roma specialmente dalla Commissione tecnica governativa fu prescelta questa granulite fra tutti i materiali conosciuti per la costruzione delle pile del ponte Palatino e per altri lavori di banchinamento delle sponde del Tevere, specialmente per il Lungotevere degli Anguillari.

Per l'estero non possiamo a meno di ricordare il materiale copiosissimo ed in pezzi assai vistosi inviato a Malta pei suoi bacini per conto del Governo inglese, che commissionò pure di tale materiale per le banchine del nuovo porto di Port-Sudan nel Mar Rosso, più ancora pel nuovo porto di Alessandria d'Egitto, per i *quais à bois* e per le altre nuove banchine costruite dall'Ufficio Ponti e Fari, per le altre nuove banchine del nuovo porto di Port-Said, per il ponte di Gabbary, costruito dalle ferrovie egiziane di Cairo d'Egitto, nonchè il materiale necessario per il ponte di Boulac sul Nilo in Cairo. Il 3° bacino di carenaggio a Sidi-Abd-Allah presso Feneville sul lago di Bizerta per conto del Governo francese fu costruito colle resistenti e dure granuliti di Cala Francese, adoperate pure per le banchine del nuovo porto d'Orano in Algeria e per quelle del nuovo porto d'Antivari nell'Adriatico.

carenaggio, colonne d'ormeggio, pile di ponti, nonchè per rotaie, bordi di marciapiedi, pilastri, paracarri, soglie, stipiti, copertine, zoccoli, ecc. (1).

Nella concessione di Cala Francese mancano quasi assolutamente i veri filoni, le vere roccie lamprofiriche, che sono invece frequentissime subito fuori delle stesse cave, dirigendoci verso oriente dell'isola e procedendo poi avanti per Caprera. Non possiamo certamente contare fra le roccie filoniane le numerose vene aplitiche, e tanto meno le vene pegmatitiche, che in plaghe speciali sono colà così frequenti. Le vene di apliti sono generalmente sottili, cioè di pochi centimetri di potenza: non posso però a meno di ricordare che nel giugno 1909 ne ho misurato una, che superava il metro di potenza. Esse non hanno una orientazione determinata, come le roccie filoniane e le roccie lamprofiriche, generalmente dirette nord-sud, assai raramente da est ad ovest, ma hanno invece tutte le orientazioni, e lo stesso dicasi delle tante e tanto varie vene di pegmatite, nelle quali specialmente si annidano i minerali accessori, che sono comuni alle roccie granitoidi in generale, e taluni speciali a quelle di Cala Francese: tali minerali sono ancora compresi in borse, dette macchie dai lavoratori, in geodi, in nidi, in secrezioni od in piccole venuzze o lenticelle dentro le stesse granuliti compatte.

Le granuliti di Cala Francese sono generalmente povere in mica, predominando in ogni modo sempre la biotite: la muscovite è colà assolutamente eccezionale: sono invece ricche in quarzo, anche cristallizzato, particolarmente nelle vene pegmatitiche ed ai passaggi fra queste e le granuliti; del pari sono assai ricche in feldispati, credendo io fermamente che uno studio profondo potrà svelare nella interessantissima massa granitoide di Cala Francese, non escluse quindi le pegmatiti, tutte le specie di feldispati finora conosciute, ad eccezione forse del hyalophane, non avendomi neppur lo spettroscopio svelato il bario fra quelle bellissime roccie, quantunque abbiamo la presenza di una specie minerale, sebbene si presenti rara, che generalmente comprende anche quell'elemento; credo quindi si potrà trovare pur anco l'anortite.

È certo però che il feldispato, che vi predomina nella granulite normale, è l'ortose, venendo secondo il microclino, poco frequente nella granulite normale, ma abbondantissimo e forse prevalente nelle *facies* pegmatitiche. Riguardo a questi feldispati alcalini predominanti a Cala Francese dobbiamo osservare, che essi sono di color rosso o meglio roseo-carnicino, raramente li troviamo bianco-lattei, che sono invece frequenti in formazioni granitoidi di altre località isolane: però questi due feldispati alcalini si dovrebbero meglio chiamare *pertite* e *microclinopertite* per le frequenti lamelle in essi di un altro feldispato, che pare doversi forse sempre riferire all'albite,

(1) Nei grossi blocchi fatti saltare per trarne massi di rilevante cubatura, specialmente per bacini di carenaggio, gli scalpellini prima di mettersi alla lavorazione ed alla confezione, li esaminano bene, per vedere, se sono sani, cioè esenti da fenditure invisibili per l'occhio inesperto, ma ben percettibili per l'occhio pratico dei minatori-scalpellini, i quali chiamano quelle quasi invisibili fenditure col nome di peli, che attraversando il masso alle volte in tutta la sua estensione, lo rendono inservibile: ciò succede non infrequentemente nelle granuliti grossolane ed in quelle a feldispati bianchi, nelle quali, pur presentando l'apparente saldezza, avviene che dopo aver lavorato un bel blocco per qualche settimana, questo manifesta il pelo che prima non si vedeva; ma ciò succede assai difficilmente per la bella granulite normale, la quale per la sua saldezza non presenta nè peli visibili, nè peli invisibili od inavvertibili, detti allora dai minatori peli forbiti.

perchè come tale si appalesò tutte le volte che le lamelle si presentarono di un qualche spessore.

Nella granulite normale predomina la pertite sopra la microclinopertite, ma avviene l'inverso, come abbiamo già sopra ricordato, passando alle *facies* pegmatitiche, fatto del resto comune a tutte le roccie granitoidi isolane, potendosi osservare il passaggio graduale dall'uno all'altro feldispato, andando dalle granuliti normali alle pegmatiti. Questo fatto farebbe forse deporre per la formazione posteriore del microclino all'ortose, se non vi fossero anche in vicinanza all'isola della Maddalena, come a Caprera ed anche nella stessa isola della Maddalena delle plaghe granitoidi speciali, in cui la microclinopertite predomina anche nella roccia ordinaria, e tanto da escludere quasi la pertite. Però per quanto riguarda le lamelle di albite crediamo di poter sostenere la loro origine secondaria, cioè posteriore tanto alla pertite, quanto alla microclinopertite: questa e quella alle volte non sono fresche, presentandosi torbide, mentre le lamelle dell'albite intarsiate, e che si veggono qualche volta ad occhio nudo, sono freschissime, e bene suppose il Riva [1] doversi ricercare questa origine secondaria nell'azione di soluzioni alcaline sodiche, che hanno depositato con orientazione regolare le lamelle albitiche: l'azione secondaria, che ha prodotto questa albite, deve essere stata lunga, dice il Riva, se pensiamo alla quantità d'albite, che abbiamo specialmente fra le pegmatiti di Cala Francese, dove si trovano cristalli e gruppetti di cristalli di albite, anche senza che vi sia vicino il microclino. Però non ho visto mai che la quantità dell'albite superi la massa stessa del microclino includente, come è sembrato al Riva di vedere in alcune parti. Per le pertiti e le microclinopertiti di Cala Francese, specialmente per la freschezza dell'albite, dobbiamo nettamente escludere l'altra ipotesi di una differenziazione molecolare di un feldispato sodico-potassico originario in microclino potassico ed in albite. Dice ancora il Riva che « tra le lamelle di sfaldatura del microclino s'insinua talvolta un sottile velo « di jalite trasparente, la quale ricopre sovente anche le faccie dei cristalli ». Anch'io per qualche tempo e molto prima ancora del Riva aveva trovato la jalite sopra cristalli di quarzo, di microclino e di epidoto in ispalmature mammellonari od in globetti o capocchie, allo stesso modo che si vede altrove in certi basalti, anche isolani, a coronare le estremità di cristalli di iperstene, ed ho creduto in seguito trovare questa jalite con una certa abbondanza in quelle belle granuliti, ma un semplice saggio chimico mi fece convinto che quelle certe secrezioni granulari, quelle spalmature a guisa di mammelloni granulosi, simulanti benissimo la jalite e per la lucentezza e pel colorito, erano di semplice calcite.

Però questa jalite mi fa ricordare una piccola e sottile lenticella, in buona parte quasi trasparente, trovata alcuni anni fa tra feldispati rosei alterati e come cariati, cioè presentanti numerose cavità di un minerale microclino o triclino, che si sia disciolto, lenticella, che mi fece pensare, più che ad un miscuglio, ad una specie minerale ben definita e probabilmente nuova, specialmente pel suo peso specifico, che alla temperatura di 14° C. risultò di 2,56. Ho creduto perciò degna di analisi tale

[1] *I feldispati del granito di Cala Francese (Isola della Maddalena-Sardegna) ed i minerali che li accompagnano,* in *Rendiconti del R. Istit. Lomb. di sc. e lett.*, serie 2ª, vol. XXXIV, 1901.

sostanza, che al dott. Carlo Rimatori, ora professore di chimica all'Istituto tecnico di Perugia, sopra sei decigrammi abbondanti di sostanza avrebbe dato:

SiO_2	77,09
Al_2O_3	12,88
CaO, MgO	traccie
K_2O	5,19
Na_2O	4,42
H_2O	0,47
	100,05

Fu specialmente la sua straordinaria acidità, che mi consigliò di mandare in esame un frammento di questa sostanza all'illustre capitano Alberto Pelloux, il quale qualche tempo prima m'aveva chiesto in comunicazione varî cimeli mineralogici isolani per lo studio. Egli però mi scrisse poco appresso, confermandomelo poi più tardi con altra gentile sua lettera, che la sostanza componente quella minuscola e sottile lenticella era una massa feldispatica, assai minutamente pegmatitica, essendo nella sezione sottile evidenti abbondanti plaghe di quarzo, quindi l'acidità enorme sarebbe dovuta alla presenza del quarzo e non a silice combinata.

Lo stesso capitano Pelloux, che ebbe a trovare interessantissima la massa feldispatica, rinserrante questa lenticella, dice (1): « Molto ricche di epidoto sono delle « masse feldispatiche profondamente alterate e d'aspetto tufaceo per le numerose cavità « prismatiche lasciate nelle medesime dalla dissoluzione di un minerale probabilmente « monoclino o triclino, sulle quali mi riservo di dare ulteriori notizie ».

Contemporaneamente ho fatto procedere lo stesso chimico all'analisi quantitativa del feldispato plagioclasio cariato, rinserrante la lenticella, e sopra circa cinque decigrammi di sostanza, che alla stessa temperatura di 14° C. diede il peso specifico di 2,61, avrebbe ottenuto:

SiO_2	64,19
Al_2O_3	22,09
Fe_2O_3	traccie
CaO	0,57
Na_2O	6,74
K_2O	6,03
H_2O	0,55
	100,17

È un interessantissimo feldispato triclino, che segnalo ai futuri visitatori di quelle magnifiche cave, perchè sia studiato a fondo anche otticamente e ne sia ripetuta

(1) *Sopra alcuni minerali dell'Arcipelago della Maddalena (Sardegna)*. Estratto dagli *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, serie 3ª, vol. V (XLV), 30 maggio 1912, pag. 5.

l'analisi per la sua esatta determinazione, come segnalerò in seguito altre specie minerali, comprese in quelle superbe roccie: però per questo feldispato non posso a meno di osservare che il forte tenore in soda lo dobbiamo forse a lamelle di albite intercalate nel curioso feldispato analizzato: sento quindi il bisogno di aggiungere, che, in vista anche dei differenti accrescimenti, che possono essere avvenuti, per lo studio completo ed esatta determinazione dei tanto varî e multiformi feldispati di Cala Francese, non credo possano bastare le semplici analisi quantitative, ma sia assolutamente necessario l'esame attento delle proprietà ottiche nelle sezioni sottili.

Nè si creda che col poco che ho detto, e con quanto dirò in seguito, io abbia la pretesa di aver segnalato tutte le varietà di feldispati del bel massiccio, che mi occupa, feldispati differenti non solo per la loro lucentezza, ma anche per le loro più diverse colorazioni e tinte, che vanno dalle bianche candide alle rosee, alle rosse vive, alle rosse oscure e rosse brune, fra queste presentandosi plaghe dal bruno pallido al bruno oscuro, non mancando neppure quella speciale tinta, che presenta il corindone di Craigmont dell'Ontario nel Canadà con sfaldature in larghe lamine, come uno spato adamantino.

Dirò più avanti, parlando delle alterazioni particolarmente di questi feldispati e dei prodotti, che ne derivano, dell'aspetto bizzarro, che presentano specialmente i feldispati in masse o massecole più o meno decomposte, formanti lenti, nidi, borse, geodi od anche vene nelle forme pegmatitiche: per ora mi piace ricordare che essi offrono grossi e splendidi cristalli, particolarmente di microclinopertite di color roseo, mirabili per la loro perfezione e per lo stato di conservazione, oltrechè per le loro dimensioni, misurando qualcuno nella direzione di massimo allungamento fino 82 mm. Anche al Museo Mineralogico dell'Università di Pavia si trova qualcuno di questi cristalli, regalati dal Riva, ma il maggiore non oltrepassa i 6 cent. secondo gli assi y e z (1). Tali cristalli per lo più derivano da geodi, sulle cui pareti sono impiantati ed è interessante osservare che essi sono geminati secondo la legge di Baveno, mentre in generale abbiamo per questa specie di feldispato e per la pertite della generalità delle roccie granitoidi sarde, che la legge di geminazione più frequente è quella di Carlsbad.

Bellissime presentansi in essi le sfaldature, come lo sono del pari quelle delle larghe lamine, alle volte ad essi aggregate, avendone raccolta una della lunghezza di 104 mm., dalla lucentezza perlacea con fenomeni di opalescenza e di scillerizzazione. In talune plaghe si sfaldano altri con tanta facilità, che le lamine si possono staccare colle semplici dita ad alterazione incipiente, mentre divengono quasi friabili a decomposizione avanzata, fenomeni che non ho osservato mai pei feldispati in larghe masse bianche o bianche-lattee, che son quelli, che costituiscono particolarmente i feldispati di Ca e di Na, che, come dice il Riva (2), sono costituiti in grande parte di miscele oligoclasiche, e solo i nuclei dei cristalli maggiori con marcata struttura zonale raggiungono termini dell'andesina e talora sono formate da miscele acide di labradorite.

(1) Lavoro citato, pag. 5.
(2) Lavoro citato, pp. 3 e 4.

Tanto nei grossi cristalli ricordati, come nelle frequenti secrezioni si notano delle striature speciali, che sono date non dal caso, ma da una lieve differenza di tinta, passante dal roseo pallidissimo al roseo più intenso; come del resto ebbe ad osservare anche il Riva.

Da molti si dice che tutti i feldispati presentano un'aria di famiglia, che facilmente li fa distinguere l'uno dall'altro; ma per quanto le differenze angolari fra le specie monocline e quelle tricline siano assai poco considerevoli, quando noi veniamo ad esaminare attentamente certe forme, che vediamo non infrequentemente nel nostro massiccio, siamo quasi indotti a negare quella certa aria di famiglia al punto da domandare a noi stessi: ma son queste, forme generate nella granulite normale e colla granulite normale? Appariscono alle volte in chiazze così belle, in nidi così bizzarri, in vene così strane, che davvero ci vorrebbe la fotografia a colori per credere a tanta bellezza e nessun petrografo, guardandole ad occhio e croce, saprebbe ascrivere talune di esse forme a roccie granitoidi! Infatti qua vediamo un'associazione irregolare di cristalli anche abbastanza grossi di feldispati bianchi sericei in via di zeolitizzazione, intarsiati con altri intieri o spezzati di color roseo o bruno rossastro, dalla lucentezza perlacea, masse che sembrano dei pezzi di vera breccia, mancante alle volte assolutamente di quarzo e di mica, ma come cementata da vene serpeggianti di verde epidoto, o da altre verdognole, tendenti al bianco, di prehnite: là vediamo che a queste curiose forme si aggiungono venuzze o chiazze verdi oscure, quasi nere, di una specie minerale, che per ora chiameremo *Stilpnomelano*, e che riduce la massa compattissima: altrove vediamo come lenti irregolari di color rosso pavonazzo, dalla lucentezza metallico-subadamantina, vivissima, data da un pigmento rosso, che forma miscela con laminette nere finissime di ferro oligisto e che a tutt'altra roccia farebbero pensare, mai ad una roccia granitoide, se non si vedessero in taluni punti gli elementi grossolani feldispatici con qualche cristallo di quarzo e spalmature verdi epidotiche, come prodotti di decomposizione: in altro luogo ancora vediamo macchie o borse più o meno grosse di calcite, quasi pura, dal trasparente al translucido, dall'incoloro al giallognolo, od al giallo isabellino, dalle bellissime sfaldature romboedriche, qua e là racchiudente dei cristalli giallo melati di cabasite o qualche grosso cristallo o frammento di cristallo di quarzo affumicato, spalmato da reticolato cristallino di epidoto; altrove, come avvenne nel mese di febbraio passato ecco una vena serpeggiante della lunghezza superiore ai 10 m. e della potenza di 20 cent. di pegmatite a masse feldispatiche rosee e grigie, alternate con altre bianche candide, quasi cementate da quarzo grigio cristallino, rarissimamente in cristalli, ricchissima in larghe lamelle di mica nera lucentissima, brillante alla luce del sole, con secrezioni di calcite trasparente e macchie giallo-melate di cabasite con rarissimo epidoto: e come avvenne nel mese del marzo passato nel taglio di un masso di oltre 10 m. cubi, ecco quasi al suo centro una borsa (macchia dei minatori) quasi sferica di circa un metro di diametro colle più belle secrezioni di calcite, racchiudente qua e là la gialla cabasite, e ricchissima in quarzo affumicato in grossi cristalli, rotti o mostranti poche faccie con inclusioni anche di epidoto: in altro punto ecco una vena, ricca in feldispato giallastro per alterazione, tutto coperto da dendriti, che il botanico battezzerebbe per alghe autentiche, riferendole al *fucus vesciculosus*, se non vedesse

che sono spalmature o compenetrazioni di ossidi di ferro od anche di manganese da simulare delle vere piante: nè mancano borse quasi nere di cristalli e frammenti di cristalli di quarzo *morion* con qualche penetrazione di lamelle di feldispati rosei pigmentati da epidoto e con inclusi della stessa sostanza, nè infrequentemente compaiono delle macchie con tinte verdi, più o meno cariche, derivanti da vene, di un minerale verde oscuro, quasi afanitico (*Stilpnomelano*) o finamente cristallino e tenero (*ripidolite*) o cristallino e più consistente (*turingite*), passanti poi quasi insensibilmente ad una massa cristallina di un verde sempre più chiaro, per finire alla parte superiore a netti cristalli di epidoto di un verde pistacchio: ancora il nostro occhio è colpito da piccoli nidi o piccole macchie dal colore rosso giacinto del granato, avente talora accanto il giallo d'oro della pirite od anche il nero della magnetite, quando a qualche orlo non si lasci sbirciare il grigio piombo di qualche mosca di *galena*: nè dobbiamo dimenticare alcune curiosissime vene della pegmatite grafica, così frequente a Cala Francese. Si sa che questa forma litologica generalmente risulta da accrescimenti regolari di quarzo e di ortose, meno frequentemente di quarzo e di plagioclasi; ma qui alle nostre celebrate cave di Maddalena dobbiamo ricordare una forma, che mi sembra tipica e speciale per la sua bellezza e per la sua varietà, pur sussistendo qua e là, tanto nella granulite normale, quanto, e più ancora nelle altre varietà di granuliti in plaghe più o meno vaste la solita pegmatite grafica delle granuliti ordinarie. Descriverò una di queste rare e tanto interessanti vene, quando più tardi parlerò del granato.

Se io ho potuto avere tutte queste bellezze di roccie e di minerali, ed altre ancora, che in parte mi farò premura di ricordare in seguito, mi corre l'obbligo di manifestare la mia più viva riconoscenza verso il gentilissimo sig. Carlo Zanat, intelligente ed operoso assistente della « Società esportazione graniti sardi » di Cala Francese, il quale non risparmia occasione per inviarmi le cose più belle e più rare da lui colà trovate, mettendo in ogni modo a parte per me tutto quello di più interessante e strano, che a lui avvenga di scoprire, specialmente nei nuovi tagli o colle mine, che di continuo si fanno in quelle così interessanti cave.

Quanto alla mica dirò che la granulite normale di Cala Francese, specialmente quella a grana fina, ne va povera ed appartiene alla biotite: è di color nero o con tinte sempre oscure, e nei blocchi omogenei, destinati a passare in commercio, costituisce quasi l'unico elemento colorato, giacchè in tali granuliti non ho mai trovato l'anfibolo e tanto meno l'augite: essa invece è assai più abbondante nelle granuliti bianche-oscure, che delimitano il bel massiccio, particolarmente a nord e nord-ovest verso mare, ed in tali granuliti non sono infrequenti le concentrazioni di questa specie di mica, che talvolta troviamo mescolata all'anfibolo nero, o verde molto oscuro, della varietà orniblenda.

La biotite è generalmente in laminette, in pagliette ondulate, in isquame non spesse, assai raramente in pile dall'apparenza esagonale, come la si vede in altre granuliti isolane ed in altre roccie pur sarde: è sempre nera, lucente, se fresca, ma per alterazione diviene giallognola o giallo-bronzato, talora anche bruno rossastra, e scolorandosi passa a tinte verdognole od anche verdi, quando, come avviene spesso in qualche varietà di quelle granuliti, essa si trasforma in clorite, accompagnando talora questa trasformazione epidoto, quarzo ed altri prodotti, anche titaniferi.

Nelle frequenti faccie pegmatitiche la mica in generale manca assolutamente, e solo di rado qua e là veggonsi larghe lamine lucentissime nere o brune, con tendenza anche al bruno verdastro od al bruno azzurrognolo: le larghe lamelle sono talora esagonali, sempre ricchissime in ferro, e derivano dalla trasformazione di feldispati alcalini, che dànno ancora prodotti caolinici, che perciò non mancano a Cala Francese, come vedremo in seguito.

Non ho trovato invece mai in larghe lamine, ad eccezione di un piccolo campioncino, quasi un nucleo, la muscovite, e tale mancanza di mica potassica, almeno in larghe lamine, depone pel predominio colà di feldispati basici di Ca e di Na, e perciò per la minor abbondanza colà di feldispati acidi, dai quali la muscovite deriva più frequentemente, essendo assai rara la sua derivazione dai feldispati basici. Queste trasformazioni, sebbene quasi comuni in altri massicci granitoidi e forse per tutti i feldispati, non m'accadde di vederle mai nella bella massa di Cala Francese, ma sono tentato ad affermare che le pagliette o squamette gialliccie, tendenti talora al verdognolo e talora quasi all'incoloro si abbiano a riferire alla *damourite*, una varietà di muscovite, prodotto di decomposizione, che da diversi autori è designato sotto il nome di *pinitoide*, che talvolta si presenta in gruppetti micacei gialli ed un po' untuosi al tatto. Forse allo stesso prodotto di decomposizione potremo riferire anche certe pagliette giallo d'oro, che si veggono spesso specialmente sopra belle venuzze di pegmatite grafica, associate all'epidoto, al quarzo ed anche alla calcite, o si trovano anche fra masso e masso di granulite, come avvenne di rinvenirne della bellissima, nella prima metà di settembre di un bel giallo dorato.

La mica in larghe lamine è forse uno dei minerali più interessanti di Cala Francese, almeno per la sua composizione chimica, della quale mi sono occupato da parecchio, assoggettandola a parecchie analisi. Il Riva l'attribuisce alla biotite, ma non lo possiamo far noi pei risultati ottenuti, e dico risultati e non risultato, perchè nelle diverse vene di pegmatite, nelle quali si trova, giacchè non è comune a tutte, nelle analisi diede risultati diversi, pur presentandosi esteriormente quasi eguale. Non possiamo considerarla come biotite non solo per la sua povertà in magnesia, come vedremo esponendo i risultati delle analisi fatte, e per la sua ricchezza in ferro, ma anche per le quote, che ha dato in calce ed in allumina, prescindendo pure dalla presenza in essa del rame e per le traccie di stagno, che per la prima volta si mostra nella composizione di un minerale isolano [1]. Ora per quanto l'analisi abbia mostrato lo stagno solo in traccie viene spontanea la domanda, come si troverà esso nella mica? Sarà intimamente mescolato ad essa, oppure si troverà fra le larghe lamine, forse in microscopici cristalli di *cassiterite*? E per il rame dovremo pensare altrettanto, non conoscendo noi nessuna varietà di mica, che abbia dato nella sua composizione tale metallo?

A tutto ciò si aggiunga che alcune delle lamine di mica sono molto attratte dalla calamita, mentre altre non lo sono punto.

[1] Nei ripostigli di Abini e di Teti nella parte centrale dell'isola si sono trovati dei crojuoli con pezzi informi di *cassiterite*, ma io come dissi sempre, continuo a credere anche oggi che quell'ossido di stagno provenga d'oltremare, forse di Sassonia, o molto più probabilmente di Cornovaglia.

Per venire ad una qualche conclusione a questo riguardo polverizzai finissimamente una certa quantità di questa mica, e sopra grammi 24,30 ho levato colla calamita gr. 0,45, ciò che equivarrebbe a gr. 1,823 di magnetite sopra 100 grammi di polvere di mica, se la polvere levata fosse tutta di magnetite pura. Ma non era tutta magnetite la quantità levata di gr. 0,45, perchè il suo peso specifico dopo una buona lavatura, fu semplicemente di 3,70, certamente troppo basso per questa specie minerale, il cui peso specifico va da 5,168 a 5,180; nè d'altra parte potrei dire di aver levato meccanicamente tutta la magnetite della massa di gr. 24,30: coi liquidi densi le cose sarebbero andate molto meglio, ciò che si potrà all'occorrenza fare in un'analisi di controllo. Che effettivamente non sia tutta magnetite la massa levata di gr. 0,45, lo prova l'analisi di questa quantità, che al dott. Manis avrebbe dato:

Fe_2O_3	69,80	98,96
Fe_3O_4	29,16	
MnO	0,10	
TiO_2	traccie	
SiO_2	0,48	
Al_2O_3	0,05	
MgO	0,15	
	99,74	

Il dott. Carlo Rimatori fino dal 12 luglio 1905 sopra un frammento di magnetite del peso di gr. 0,3944, a struttura minutamente cristallina, levato dagli elementi colorati delle stesse granuliti, e pel quale aveva trovato precedentemente il peso specifico 5,08 alla temperatura di 28,2° C., anche questo troppo basso per una pura magnetite, otteneva questa analisi:

Fe_2O_3	95,94
TiO_2	0,86
MnO	traccie
CaO	traccie
Ganga	2,12
	98,92

La magnetite dunque a Cala Francese compare anche in secrezioni speciali, oltrechè nella mica a larghe lamine, di cui stiamo occupandoci, e forma delle macroscopiche massecole irregolari nelle granuliti, che s'avvicinano alle normali: mai però l'ho trovata, contrariamente a quanto dice il Pelloux [1], associata all'ematite

[1] *Sopra alcuni minerali dell'Arcipelago della Maddalena (Sardegna).* Estratto dagli *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, serie 3ª, vol. V (XLV), 30 maggio 1912, pag. 3.

micacea, ciò che mi accadde di rinvenire solo in un unico esemplare della zona arcaica di Capo di Ferro: le massecole hanno come dice il Pelloux, struttura minutamente cristallina, ma ne ho trovato anche in cristalli macroscopici di 2 mm. di diametro, che però devo aggiungere sono rari. Se m'avverrà di trovarne degli altri si potrà procedere con essi ad una nuova analisi quantitativa, specialmente pell'ossido di titanio, che mentre nella prima analisi fu trovato solo in traccie e nell'altra vi compare con 0,86 %, noi rinveniamo questo TiO_2 assai più abbondante in altre magnetiti isolane, che si presentano in minutissimi cristalli ottaedrici, modificati dal rombododecaedro, sebbene in formazioni litologiche più recenti. Ecco un altro problema da risolvere relativamente alla magnetite così abbondante nell'isola, sia amorfa che cistallizzata; ma ritorniamo alla nostra mica in larghe lamine, che si presenta in molte vene di pegmatite, particolarmente in quelle mostranti grosse secrezioni di microclino in punti speciali a ricoprire o lamine di feldispati plagioclasi ed il quarzo, separando talora questo da quelli, formando anche lamine esagonali, che non è infrequente vedere involgere grosse secrezioni di microclino roseo

Questa mica, che fonde ad altissima temperatura in perla attirabile dalla calamita, si scioglie stentatamente nell'acido cloridrico, lasciando un residuo grigiastro e scagliette di silice, avrebbe dato al prof. Guglielmo il peso specifico di 3,046 alla temperatura di 23° C. e per la sua polvere, liberata il più possibile dalla magnetite, si sarebbe ottenuto, sempre alla stessa temperatura, quello di 2,922, essendo di poco superiore al 2 nella sua durezza.

La mica nera splendente in larghe lamine è difficilmente polverizzabile in polvere finissima; però disgregata che sia per fusione con carbonato sodico-potassico, sciolta in acido cloridrico diluito, tirata a secco a bagnomaria, fino a ridursi in polvere fina, indi inumidita con acido cloridrico concentrato, diluita di nuovo con acqua distillata e filtrata, da una soluzione contenente le basi, leggermente acida, la quale trattata con idrogeno solforato somministra un precipitato di solfuri metallici, leggermente roseo, di cui la perla al borace a caldo è rossa, passando nel raffreddarsi al violaceo o ametistino e poi al bruno: tali cangiamenti di colore credo non sieno dovuti nè al rame, nè allo stagno, messi in evidenza da tutte le analisi fatte, le quali hanno mostrato netto nel precipitato summenzionato il solfuro di rame, dosato secondo il metodo del Rose, come pure hanno mostrato tali analisi traccie di solfuro di stagno, constatato oltrechè alla perla di borace, leggermente satura di ossido di rame (perla rosso rubino), anche allo spettroscopio con lo spettro di confronto; nè credo quei curiosi cangiamenti di colore dovuti al manganese, del quale, come vedremo, la nostra mica contiene la quota di 1,40 %, ma piuttosto ad un'altra sostanza, ad un altro elemento, che finora tutte le analisi fatte non hanno saputo mettere in evidenza, e che il chimico dovrà ricercare sopra una maggiore quantità di materiale, che fortunatamente teniamo ora a nostra disposizione mercè la gentilezza dell'egregio sig. Zanat, il quale alle mie nuove richieste rispose premurosamente coll'invio di un centinaio di grammi di mica isolata, oltre ad una certa quantità in roccia.

Dobbiamo ben ricordare ciò che abbiamo menzionato superiormente che questa mica in larghe lamine può mutare da vena a vena di pegmatite nella sua composizione chimica, come lo mostrarono le quattro successive analisi, fatte dal dott. Manis,

il quale fino dagli ultimi mesi del 1910 ne imprendeva l'esame, e come l'ha mostrato ad evidenza l'esame dell'ultima ricordata, la quale pur essendo sempre a larghe lamine, non era così nera splendente come la prima, ma con tinte tendenti al rossastro od al giallo-verdastro, e più facilmente di quella polverizzabile, non avendo ottenuto il Manis da questa mica non solo risultati non molto coincidenti con quelli della prima, ma specialmente non ottenne dalla soluzione sopra ricordata all'idrogeno solforato quel tale precipitato di solfuri metallici, leggermente roseo, che alla perla al borace avea dato quelle curiose colorazioni, ciò che non ottenne neppure nell'analisi di due altre miche, provenienti da due altre vene di pegmatite.

Dò qui i risultati dell'ultima analisi del 18 febbraio 1912, che potremo considerare come la media di tutte le analisi fatte e che fu l'unica completa delle 4 eseguite:

SiO_2	31,98
Al_2O_3	13,39
$Fe_2O_3 + FeO$	39,30
CaO	0,79
MgO	2,80
MnO	1,40
CuO	0,50
Stagno	traccie
K_2O	5,76
H_2O	4,60
	100,52

Devo aggiungere che tutte le prove riuscirono negative pel Fl., Li_2O e Ti_2O, non senza però far rilevare che nella prima analisi della mica a larghe lamine nere splendenti il dott. Manis otteneva pel rame, per lo stagno e per l'altra sostanza pesante la quota di 1,50 %, che si riduceva a 1,41 % per la seconda, a 0,91 % per la terza, mentre nella 4ª analisi, che fu l'unica completa, e sopra riportata, questa quota si ridusse a 0,50 % pel rame ed a traccie per lo stagno, senza tener alcun conto dell'altra sostanza pesante.

Da tutto ciò si comprende che tale analisi non può, nè deve considerarsi come definitiva; però ora che si conoscono le basi con materiale abbondante, che teniamo a nostra disposizione, e purificato più che non sia stata la sostanza finora adoperata, potrà aversi in seguito, spero con non grandi difficoltà, un'analisi completa e definitiva, che permetta di dare il vero nome a questa interessantissima mica, che per intanto ho chiamato col nome di varietà di *lepidomelano*.

E prima di passare oltre ad altre specie minerali, anche per rendere omaggio al bravo dott. Carlo Rimatori, voglio qui riportare i risultati dell'analisi, che colla data del 14 luglio 1906 mi dava pei gruppetti di mica giallo verdiccio in pagliette o squamette, che precedentemente con dubbio ho riferito ad una *Damourite*, tanto interessante per avervi trovato traccie di Li_2O e di Fl. Operando egli sopra una

quantità di gr. 0,2798, per la quale ha trovato il peso specifico di 2,90 alla temperatura di 27° C., avrebbe ottenuto questi risultati:

SiO_2	51,28
Al_2O_3	24,66
Fe_2O_3	7,86
CaO	0,50
MgO	0,89
K_2O	10,65
Na_2O, Li_2O, Fl	tracce
H_2O	4,17
	100,01

Nè posso a meno di dar qui anche i risultati ottenuti dallo stesso Rimatori sopra un silicato verdognolo micaceo, che l'anno precedente io avevo osservato in una lente irregolare di alcuni metri di lunghezza e solo di qualche metro di grossezza, di color rosso chiazzato in verdognolo, sostanza della quale conservo ancora qualche campione, ma della quale non m'avvenne poi di trovarne dell'altra nelle numerose visite da me fatte a quelle interessanti cave granulitiche.

L'analisi fu eseguita sopra gr. 0,4892, che presentarono il peso specifico di 2,98 alla temperatura di 28,4° C. ed eccone i risultati, che portano la data del 12 luglio 1905:

SiO_2	47,38
Al_2O_3	30,70
Fe_2O_3	6,99
CaO	1,81
Na_2O	2,41
K_2O	8,25
H_2O	2,40
	99,94

specie minerale che si potrebbe avvicinare ad una *margarodite*, e che raccomando ai futuri studiosi delle bellezze di quelle splendide cave, specialmente ai giovani cultori delle scienze mineralogiche.

E prima di passare a tener parola del quarzo, l'altro elemento essenziale, componente le granuliti, mi pare non sia fuori di luogo parlar qui di un curioso pigmento rosso, ricordato superiormente colla supposta *margarodite* e che interessava anche l'illustre capitano Pelloux (1), il quale nelle sue importanti pagine sopra l'ematite

(1) *Sopra alcuni minerali dell'Arcipelago della Maddalena (Sardegna).* Estratto dagli *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, serie 3ª, vol. V (XLV), 30 maggio 1912, pag. 3.

delle cave di Cala Francese, dopo aver detto che l'ematite è assai più diffusa sotto forma di una patina, ricoprente talora completamente cristalli di quarzo, di microclino, di albite e di epidoto, ricordando moltissimi esemplari consimili del granito di Baveno, ricchi di *eisenrham*, così finisce: « Il pigmento, che qualche volta si « presenta come un feltro soffice ed untuoso, non è costituito soltanto dall'ematite, « ma al microscopio si rivela formato da scagliette di ematite di colore rosso sangue, « a contorno esagonale, associate ed anche incluse in altre laminette pure esagonali, « ma incolore, di un minerale, che otticamente si comporta come una clorite ». Ma a tale sostanza non possiamo pensare per la pochezza in essa della magnesia, e per la presenza inoltre in essa di grande quantità di calce, oltrechè si opporrebbe da solo il troppo basso peso specifico. Che cosa sia la sostanza o quali siano le sostanze mescolate all'ematite, formanti quel curioso pigmento per oggi non lo possiamo dire, ma certo nulla risparmieremo per poterne venire alla soluzione per questo interessantissimo pigmento, che facciamo seguire agli elementi micacei.

Tale sostanza rosso brunastra, minutamente cristallina, per leggera pressione si stacca colle dita dai minerali, che ricopre superficialmente, stendendosi talora in forma di patina, sia sopra i feldispati ed il quarzo, sia anche, sebbene più raramente, sopra l'epidoto, formando chiazze speciali ristrette ed anche macchie estese, specialmente nelle plaghe, dove si presenta il ferro oligisto.

Questo curioso pigmento rosso, che da lunga pezza attrasse la mia attenzione, si separa facilmente immergendo i campioni nell'acqua, che è subito arrossata rimanendo sospese in essa particelle minutissime, mostranti splendore metallico sericeo brillante. Liberata nel miglior modo possibile una certa porzione di questo pigmento dagli elementi eterogenei fino dal 10 febbraio 1900 faceva procedere il dott. Rimatori all'analisi quantitativa, che sopra gr. 0,1176 otteneva questi risultati:

	SiO_2	30,04
Sesquiossidi colla prevalenza di	Fe_2O_3 . . .	46,23, essendovi poche unità di Al_2O_3
	Alcali . . .	8,74
	CaO	5,02
	MgO	1,54
	H_2O	7,99
		99,56

Nella parte esplicativa della sua analisi il dott. Rimatori parla anche di una piccola quantità di manganese, contenuta nel pigmento, ma poi nelle successive ricerche e nel risultato finale non ne ha tenuto alcun conto. Tale risultato è di ben difficile interpretazione: infatti credo che per quanta cura si abbia posta per aver pura questa polvere rossa, non si sia riusciti ad averla tale, avendo mostrato un esame microscopico, anche grossolano della polvere, nettamente l'ematite rossa con evidenti riflessi metallici: dobbiamo perciò concludere che tale analisi si riferisca non ad una specie minerale, ma ad una miscela di specie minerali.

Avendo potuto avere in seguito, mercè sempre la bontà e la gentilezza del sig. Zanat, un discreto numero di esemplari con questo pigmento rosso, ho proceduto alla sepa-

razione meccanica del ferro oligisto mercè i liquidi densi. A tal uopo somministrai parecchi grammi di sostanza al dott. Manis, il quale, sebbene molto lentamente, col joduro di metilene ebbe a separare una bella quantità di ematite rossa, che aumentò poi colla centrifuga. Intanto sopra gr. 0,3980 di sostanza il prof. Guglielmo procedeva al calcolo del peso specifico, che alla temperatura di 20° C. risultava di 2,297, sorprendente per la sua bassezza, mentre il dott. Manis procedeva all'analisi quantitativa, per la quale finalmente il 10 aprile 1912 mi dava questi risultati:

SiO_2	33,22
Fe_2O_3	18,16
Al_2O_3	8,45
CaO	15,35
Perdita alla calcinazione . . .	24,27
	99,45

ma senza alcali e senza magnesia, trovati nella sua composizione dal dott. Rimatori dovendo noi comprendere l'acqua nella fenomenale quota di 24,27 %, che rappresenta la perdita alla calcinazione, avendo ottenuto per la sostanza esaminata il peso specifico di 2,56 alla temperatura di 14° C., mentre una seconda volta aveva quello di 2,545 alla temperatura di 15° C.

Intanto coll'analisi superiore tutta la sostanza rossa veniva consumata e non sempre le cave di Cala Francese possono rifornirmene, chè passano mesi senza che si presenti quel pigmento, ora più che mai necessario non solo per dosare gli alcali e la magnesia, trovati dal dott. Rimatori, ma più ancora per venire alla soluzione della enorme perdita alla calcinazione, rappresentata nientemeno che dalla quota di 24,27 %. Ho rescritto ai miei amici di Cala Francese, ma ben poca cosa ho potuto avere colle desiderate chiazze rosse, motivo per cui dovetti passare nel numeroso materiale di quelle granuliti alla cernita di tutti i pezzi, contenenti anche piccolissime macchiette rosse per levare la maggior quantità del necessario pigmento, sopra il quale si son potuti fare oltrechè dei saggi pirognostici, anche alcune prove chimiche.

Intanto il prof. Guglielmo procedeva sopra una quantità di gr. 1,3372 ad una nuova pesata ed otteneva alla temperatura di 23° C., riferita all'acqua a 4°, la cifra di 2,534, di molto superiore a quella da lui stesso calcolata sopra una minor quantità di sostanza e non tanto pura come quest'ultima. Di durezza non possiamo parlarne, perchè il pigmento pulverulento si riga bene coll'unghia e si stacca dalla roccia fregando il campione colle dita. Nel tubo chiuso svolge acqua, è infusibile ed appena parzialmente solubile negli acidi. Alla calcinazione diventa dapprima nero, perde acqua, ma bruciato il carbonio, ritorna rosso. Nelle nuove prove perdurando la enorme quota come perdita alla calcinazione, anzi aumentando, s'affaccia la domanda: tale perdita è dovuta a sostanze inorganiche volatili, per es. a cloruri, ecc., oppure è dovuta a sostanze organiche?

Dopo un numero immenso di prove sopra tutta la sostanza levata col sacrificio di quasi tutti i campioni della mia ricca collezione, messa a disposizione del

dott. Manis, egli ha potuto escludere la prima ipotesi, e si accinse alla determinazione del carbonio, dell'ossigeno dell'idrogeno, dell'azoto per la seconda, dandomi il 13 maggio passato questa analisi, nella quale la perdita alla calcinazione, già enorme prima, è di alquanto aumentata, avendo trovato per essa 24,50 % invece di 24,27:

SiO_2	33,20
Al_2O_3	5,05
Fe_2O_3	18,20
CaO	9,10
MgO	2,01
CuO	0,40
Na_2O	7,29
H_2O	7,12
Sostanze organiche	17,38
	99,75

In questa analisi, sebbene non parli punto di K_2O, vediamo restituiti gli alcali e la magnesia, già trovati per la nostra sostanza dal dott. Rimatori, diminuito il dosaggio della calce, sebbene ancora forte la quantità, e comparsa a nuovo una quantità ponderabile di rame, oltrechè mi viene dato per parte dello stesso chimico un terzo peso specifico, che a 15° C. sarebbe stato di 2,57, pel quale facendo la media cogli altri due ottenuti dallo stesso dott. Manis in 2,56 e 2,545 si avrebbe la cifra di 2,558, alquanto superiore a quello dato dal prof. Gugliemo in 2,534, calcolato colla massima scrupolosità e quindi tipico per noi.

M'auguro mi sia dato presto di completare l'analisi di questo tanto importante pigmento col calcolo delle sostanze organiche, rappresentate nella quota di 17,38 %, e così di riempire anche questa lacuna insieme alle altre superiormente lamentate in una breve Nota aggiuntiva.

Il quarzo, che generalmente chiude la cristallizzazione del magma, si presenta abbondante in grani ed in cristalli: in grani più o meno grossi compare tanto nelle granuliti normali, quanto nelle altre; in cristalli invece sulle superficie geodiformi o dentro a geodi, nelle borse o nelle vene delle pegmatiti filoniane. Nelle geodi i cristalli sono per lo più piccoli, jalini od affumicati indifferentemente, in netti prismi, terminati da romboedri con frequenti faccie ed assai nette di didodecaedri, non essendo infrequenti anche quelle di emiscalenoedri destrogiri e levogiri. I cristalli jalini sono trasparenti, ma non ne ho mai visti di limpidissimi come quelli del marmo di Carrara: di tale natura, cioè jalini, sono sempre i cristalli di quarzo sulle superfici libere delle vene di pegmatiti grafiche, specialmente di quelle ricordate superiormente e delle quali si farà parola più tardi, dando superbi esempi di accrescimenti paralleli di quarzo e di feldispato; ed assai raramente in tali splendidi accrescimenti compare qualche cristallo di quarzo affumicato. Il quarzo affumicato è invece quello, che sempre troviamo nelle borse e nelle vene pegmatitiche, e lo troviamo in grossi cristalli, per lo più incompleti, quindi più o meno bene finiti, alle volte con poche faccie prisma-

tiche e forse con numero minore di faccie del romboedro, alla rinfusa fra i feldispati, sui quali molte volte si modellano o formano, specialmente nelle belle vene pegmatitiche, abbondanti plaghe granulari compatte, sempre insinuandosi fra i feldispati o riunenti queste colle larghe lamine di mica bruna: talvolta il quarzo affumicato forma quasi da solo un'intera borsa coll'aggiunta di un po' di epidoto e di calcite. Di grossi cristalli di quarzo jalino m'accadde di trovarne uno solo, mentre i piccoli sono frequenti nelle druse o sulle superficie libere geodiformi, che talvolta si veggono nelle stesse vene di pegmatite con gruppetti di cristalli di albite; alcune di queste vene pegmatitiche si trovano al pari di alcune borse, prive di epidoto, ma quando si aggiunga, come il più comunemente avviene, questo elemento di decomposizione, ed allora troviamo spesso anche la calcite e talora anche un po' di prehnite, vediamo questo epidoto oltrechè coprire talvolta interamente le faccie, specialmente dei cristalli di quarzo, formare numerosi inclusi, che sono assai frequenti nelle granuliti di Cala Francese: non sono infrequenti anche gli inclusi di ferro oligisto, ma devo confessare che non m'avvenne ancora di trovare inclusioni di rutilo, che colà però non dovrebbero mancare. Generalmente la solidificazione del quarzo dev'essere cominciata, quando quella del feldispato non era giunta alla fine: però, parlando più avanti del granato, vedremo che alcuni quarzi si sono solidificati contemporaneamente o quasi, sebbene nella massa fondamentale si debba distinguere il più delle volte una seconda generazione di quarzo e di feldispati. Le figure di corrosione non sono frequenti nel quarzo, come non sono frequenti le comparse dei così detti quarzi incappucciati.

Da molti anni, quindi assai prima ancora che le cave fossero lavorate coll'alacrità dell'oggi, ho avuto la fortuna di raccogliere a Cala Francese un bellissimo esemplare di quarzo affumicato in grossi cristalli con microclino, ricoperti qua e là da gruppetti cristallini d'epidoto, alla loro volta quelli e questi spalmati da una vernice mammellonare trasparente di *jalite* a quella guisa, che noi possiamo vedere in formazioni isolane più recenti, come sulle roccie del vulcanico antico dell'isola di S. Antioco o nei basalti più recenti ancora, come quelli del forse terz'ultimo incendio sardo di Nurri e di tante altre località isolane, od anche nei più rari basalti delle vicinanze di Bortigali, precedentemente ricordati, e che troviamo con belle capocchie o globetti bianchicci di *jalite* specialmente alle estremità dei bei cristalli lamellari d'iperstene. In seguito nelle mie numerose visite annuali a quelle interessanti cave granulitiche ho creduto di vedere la jalite in numerosissimi esemplari, nei quali uno straterello granuloso, talvolta quasi vitreo e trasparente o bianchiccio, alle volte ridotto ad una specie di semplice vernice, ricopriva epidoto e componenti delle granuliti, particolarmente là dove si presentano sottili vene pegmatitiche col quarzo e feldispato in bellissimi accrescimenti paralleli. Ma, come ebbi già precedentemente a ricordare parlando dei feldispati, un semplice saggio chimico fatto su quei frequenti aggruppamenti o straterelli granulosi m'ha mostrato trattarsi di calcite e non di jalite, come ebbi a far osservare ultimamente all'illustre capitano Pelloux, il quale però e giustamente rammenta come notevole l'esemplare già ricordato e ricoperto dalla bellissima *jalite*, che quindi non manca a Cala Francese, ma dove però compare assai rara, avendo trovato nell'infinito numero di campioni, da me esaminati, di quel superbo massiccio, soltanto un secondo esemplare con autentica jalite. Non ho mai

trovato quindi in quelle granuliti la jalite, come la rammenta il Riva (1) e che ho pure ricordato precedentemente, sempre parlando dei feldispati, là dove dice: « Tra le « lamelle di sfaldatura del microclino s' insinua talvolta un sottile velo di jalite tra- « sparente, la quale ricopre sovente anche la faccia dei cristalli ». Tale velo di jalite del Riva mi porta subito a pensare nettamente a quella minuscola lenticella, per buona parte quasi trasparente, che, dopo uno studio accurato, anche coll'esame microscopico, fatto dall' illustre capitano Pelloux, cui mi è grato di esprimere qui la mia riconoscenza anche per tale determinazione, si mostrò, com'ebbi a dire precedentemente, quale una massa feldispatica, assai minutamente pegmatitica con abbondanti plaghe di quarzo, mentre m'aveva portato dapprima a pensare ad una specie minerale forse nuova per la sua grande acidità: alle abbondanti plaghe di quarzo specialmente è dovuto il basso peso specifico, che nella nostra lenticella fu trovato eguale a 2,56 alla temperatura di 14° C., avendolo trovato il Riva, pel sottile velo della sua supposta jalite compreso fra 2,50 e 2,53. Non credo quindi jalite, ma velamento o venuzza feldispatica, assai minutamente pegmatitica il velo di supposta jalite trasparente tra le lamelle di sfaldatura del microclino, di cui parla il Riva.

Fra i minerali accessorî delle belle granuliti di Cala Francese avrei trovato finora la *grafite*, la *molibdenite*, un *solfo antimoniuro di piombo*, non ancora determinato specificamente, la *galena*, la *calcopirite*, la *pirite*, la *fluorite*, il *ferro oligisto*, la *magnetite*, l'*orniblenda*, il *granato*, lo *zircone*, l'*ortite* (*allanite*), l'*axinite*, la *tormalina*, la *titanite* e l'*apatite*; e fra i minerali d'origine secondaria vi sarebbero la *limonite*, la *calcite*, la *malachite*, l'*epidoto*, la *prehnite*, l'*heulandite*, la *stilbite*, la *cabasite*, la *laumontite*, la *scolecite*, la *clorite*, la *ripidolite*, la *turingite*, lo *stilpnomelano*, il *caolino*.

Grafite. Si presenta, sebbene raramente, in lamelle ed in isquame più o meno grosse a sostituire la mica sopra lamine di granulite chiara, limitante la bella granulite normale, frequentemente accompagnata da pirite, generalmente decomposta in limonite: forma quasi una spalmatura disseminata, perchè raramente penetra nella roccia per qualche millimetro, lasciando inferiormente posto alla biotite. Però ho trovato un esemplare formante una specie di nucleo allungato e dello spessore di qualche centimetro di pirite, tutto involto di grafite, ma per lo più pulverulenta, con lamelle qua e là alla superficie. In questi ultimi tempi parecchi visitatori nazionali e stranieri, ai quali ebbi a mostrare questa rarità mineralogica delle granuliti di Cala Francese, e che per parte mia non trovai, che nelle roccie analoghe del Monteleonese in Calabria, interpretarono queste lamelle di grafite quale molibdenite.

Molibdenite. È ancora assai più rara della grafite, non avendo trovato che un piccolissimo nucleolo entro una granulite comune e qualche lamella in altro esemplare di granulite quasi normale, mentre questo solfuro di molibdeno è abbastanza comune nelle roccie granitoidi e porfiriche dell' isola bella, trovandosi però il più ricco giacimento di molibdenite insieme alla molibdite nelle roccie schistose quarzifere del vallone Ospe presso Oliena per andare ad Orgosolo.

(1) *I feldispati del granito di Cala Francese* (*Isola della Maddalena-Sardegna*) *ed alcuni minerali che li accompagnano*. Estratto dai *Rendiconti del R. Istit. Lomb. di sc. e lett*, serie 2ª, vol. XXXIV, 1901, pag. 8.

Solfo antimoniuro di piombo. Tale sostanza, che mi offrì ben pochi esemplari, non ha potuto essere determinata con più precisa denominazione neppure dal Pelloux, che ebbe in comunicazione parecchi de' miei pochi campioni. Essa si presenta quasi come la grafite sopra lastre di granulite non normale in fibre allungate grigio acciaio, talvolta iridescente, accompagnata generalmente come quella dalla pirite. Il Pelloux, che ha assaggiato anche la durezza, dice ch'essa è compresa fra il 2 ed il 3, che la sua polvere è nera, che fonde facilmente alla fiamma di una candela ed al cannello si comporta come la jamesonite, dando sul carbone con soda, un granulo di piombo e sviluppando vapori antimoniali. Lo stesso Pelloux aggiunge (1): « Disgra- « ziatamente il materiale è troppo scarso per un'analisi e mancano cristalli misurabili; « non è perciò possibile stabilire a quale dei numerosi solfoantimoniuri di piombo il « minerale appartenga ».

Galena. La galena si presenta in masseole isolate, che fanno sempre vedere e nettissima la sfaldatura cubica. In uno solo degli abbastanza numerosi esemplari con questo solfuro ho trovato la galena associata alla pirite, ma mai mi avvenne di trovarla finora in cristalli netti. Analizzata qualitativamente non diede argento, nè arsenico, che non si mostrò neppure allo spettroscopio, mentre si rese palese l'antimonio. L'arsenico forse potrebbe essere presente nel *solfo antimoniuro di piombo*, e disponendo di un po' di materiale si potrà farne l'esame spettroscopico.

Calcopirite. Si presenta in piccole masserelle prive di qualunque forma geometrica, raramente in secrezioni non estese fra gli elementi componenti le granuliti non normali: è piuttosto rara.

Pirite. Se può essere vero che questo solfuro di ferro sia poco diffuso nelle roccie granitoidi isolane, non possiamo dirlo pel massiccio di Cala Francese, dove lo troviamo ben disseminato in massecole più o meno grosse, specialmente fra gli elementi delle granuliti oscure passanti allo stato pegmatitoide, od in macchie e spalmature fra le fenditure o fratture delle roccie od anche in venuzze fra feldispati e quarzi e non infrequentemente fra le larghe lamine di mica, presentandosi allora del bel giallo caratteristico della pirite, mentre nelle mosche o nelle spalmature la troviamo per lo più decomposta in limonite, cristallizzata o meno, portante per lo più un frammento giallo di pirite indecomposta nelle zone centrali: talvolta, sebbene assai raramente la troviamo accompagnata dalla calcopirite. Le forme che presenta la pirite sono poche: vi predomina il cubo (100) isolato, ma lo si trova anche nella combinazione (100) (111), però l'ottaedro isolato non l'ho trovato mai, mentre non infrequente è la combinazione (100) π (210), predominando sempre il cubo, non avendo mai trovato isolato neppure il pentagonododecaedro; qua e là comparisce qualche cristallo incompleto coll'emiesacisottaedro φ (321), per lo più decomposto in limonite. I cristalli grossi e completi non sono molti: i più grossi sono limonitizzati e misurano da 1 a quasi 2 centimetri di lato, troviamo però anche cristalli cubici freschissimi che superano 1 cm. di lato. Ricorderò col Pelloux (2) che sono notevoli alcuni cristallini di pirite tabulari secondo una coppia di facce dell'ottaedro. Se a tutti

(1) Lavoro citato, pag. 3.
(2) Lavoro citato, pag. 2.

questi modi di presentarsi della pirite nelle granuliti di Cala Francese, aggiungiamo che essa si trova anche disseminata colla grafite, come pure coll'accennato solfo antimoniuro di piombo, possiamo concludere che essa è tutt'altro che rara nel massiccio granulitico della Maddalena, che stiamo esaminando. Aggiungerò che tutte le prove fatte si mostrarono negative per l'oro in questa pirite.

Fluorite. Fin da quando ho trovato in queste granuliti la bella cabasite gialla, come quella del classico giacimento di Striegau in Slesia, col quale trovai avere le nostre granuliti tante affinità anche per gli altri minerali in esse compresi, suggerii al dott. Rimatori, che delle nostre cabasiti aveva fatto l'analisi quantitativa (1), di cercare spettroscopicamente il fluoro, che finora non s'era appalesato fra gli elementi del nostro bel massiccio colla fluorite. A tal uopo feci polverizzare finissimamente qualche chilogrammo di pezzi scelti ed assortiti di quelle granuliti, ma tutte le ricerche riuscirono negative pel fluoro, fino al 1906 quando lo stesso dott. Rimatori lo trovava, sebbene in traccie nella sua analisi dei gruppetti di mica giallo-verdiccio in pagliette o squamette, che con dubbio ho riferito ad una *damourite*, contenente anche del litio. Fu solo però quest'anno, che m'avvenne di trovare tre campioncini di fluorite violacea e forse un quarto esiste fra gli esemplari, che tiene ancora in comunicazione l'illustre capitano Pelloux, il quale con sua lettera del 16 giugno mi domandava, se è possibile che una piccolissima secrezione violacea o pavonazza possa essere di fluorite, ciò che a lui confermai dicendo che teneva già di quella specie minerale tre bei campioncini. Dunque anche la fluorite esiste a Cala Francese, ma tale specie minerale è assai rara nel bel massiccio.

Ferro oligisto. Questa specie minerale, ricordata già dal Rimatori (2), poi dal Pelloux (3) e sulla quale ho detto già qualche parola precedentemente parlando dell'interessante pigmento rosso, è abbastanza frequente nel massiccio di Cala Francese, mostrandosi allo stato micaceo da lamelline di qualche millimetro allo stato quasi pulverulento, come una patina sui vari elementi delle granuliti, alle volte isolate in lamelle lucentissime grigio ferro, ma però spesso unita al pigmento rosso a riflessi metallici, ricoprente con indifferenza i vari componenti della granulite ed anche alcuni dei prodotti secondarî.

Magnetite. Il Pelloux ricorda questa specie minerale (4) ed anche noi ne abbiamo detto qualche parola e date anche due analisi, descrivendo la mica in larghe lamelle delle vene pegmatitiche, aggiungendo che, sebbene raramente, pure la si trova anche cristallizzata in netti ottaedri, essendo in ogni modo una delle specie minerali accessorie frequenti nelle granuliti di Cala Francese, estraendone la calamita una certa quantità da qualunque pezzo polverizzato di quelle roccie granitoidi. Ripeterò che solo in un campione delle roccie arcaiche di Capo Ferro l'ho trovata associata alla ematite.

(1) *Sulle cabasiti di Sardegna e della granulite di Striegau nella Slesia.* Estratto dai *Rendiconti della R. Accad. dei Lincei*, vol. IX, 2° sem., serie 5ª, fasc. 4°, Roma, 1900.

(2) *Sulle cabasiti di Sardegna e della granulite di Striegau nellla Slesia.* Estratto dai *Rendiconti R. Accad. dei Lincei*, vol. IX, 2° sem, serie 5ª, fasc. 4°, 1900, pag. 147.

(3) Lavoro citato, pag. 3.

(4) Lavoro citato, pag. 3.

Anfibolo. Nelle granuliti oscure, che s'incontrano verso mare, specialmente a nord-ovest di Cala Francese, la mica nera forma abbondanti concentrazioni, anche di qualche decimetro di diametro, sembrando dei veri inclusi, in taluni dei quali compare abbastanza abbondante l'anfibolo. Non possiamo pensare che l'anfibolo di tali segregazioni basiche sia derivato dall'augite, che nelle granuliti di Cala Francese non ho trovato ancora, ma piuttosto dobbiamo pensare ad un anfibolo primario, formante belle chiazze oscure in quelle granuliti a feldispati alcalini bianchi, granuliti a *facies* bianco-oscure, che generalmente limitano la granulite normale, particolarmente, come abbiamo detto, nel versante settentrionale, o meglio nord-ovest. È un anfibolo nero o bruno, un'orniblenda comune, a lunghi cristalli dalla chiarissima sfaldatura, a contorni nettissimi, specialmente là dove manca quasi assolutamente la mica biotite: non sono però numerose tali segregazioni anfiboliche, mentre assai comuni sono, sempre nelle stesse granuliti, le segregazioni micacee, che si veggono assai più frequenti nelle granuliti della spiaggia settentrionale dell'isola madre, particolarmente agli scogli sporgenti di Vignola, ove compariscono anche grosse concentrazioni micacee, che, come più resistenti ai furiosi cavalloni marini, formano bizzarre sporgenze arnionali. Vi potran essere anche altrove microliti ed anche abbondanti d'anfibolo o formanti anche qualche finissimo intreccio, ma macroscopicamente non ne ho visto.

Aggiungerò che nelle concentrazioni biotitiche con anfibolo non ho trovato mai nè mica, nè anfibolo alterati in clorite.

Granato. Il granato è abbastanza diffuso a Cala Francese, ma assai raramente lo troviamo nel massiccio centrale della granulite normale. Più frequentemente esso compare in nidi, in borse speciali, generalmente però nelle forme pegmatitiche e particolarmente in curiose lenti o vene pegmatitiche, poco potenti, arrivanti alla grossezza in qualche punto di poco più di un decimetro, vene e lenti ricordate anche precedentemente e delle quali parleremo più tardi per la loro composizione generale. In una di queste lenti, oltre che presentarsi il granato alla superficie — ed allora i cristalli sono più grossi ed anche geminati — si mostra in forme sferoidali, generalmente irregolari, irradianti dal centro, col raggio anche di alcuni centimetri in forme bacillari, risultanti di quarzo e di granato granuloso, cristallino, raramente in netti cristalli: tale disposizione a sferoidi comparisce anche fuori di tali lenti, non nella granulite normale, ma nelle altre forme granulitiche a più minuti elementi o nel passaggio da queste alle forme pegmatitiche. In massecole piuttosto grosse e talvolta dal contorno trapezoedrico grossolano si trova il granato dentro a grossi ed imperfetti cristalli di microclino roseo ed anche dentro al quarzo affumicato: non è raro di trovare delle discrete massecole riempire la cavità fra un cristallo di quarzo ed un frammento di feldispato, ciò che deporrebbe per la consolidazione simultanea o quasi del feldispato e del quarzo, dovendo noi per la generalità credere che il quarzo si sia consolidato per ultimo, ammettendosi che il quarzo chiuda la cristallizzazione del magma. Le massecole del granato sono granulose e facilmente si sgretolano, talvolta sono come friabili. Assai difficilmente si ottengono dei pezzi grossi, resistenti: il più grosso pezzo, da me ottenuto pesava gr. 2,324 ed offriva due sole faccie incomplete del trapezoedro.

I colori presentati dal granato sono fra i più belli, i più vaghi: il grosso pezzo, sopra ricordato, ad occhio e croce si sarebbe detto quasi nero o rosso molto oscuro, ma visto e girato alla luce appariva rosso vivo oscuro per trasparenza, rosso rubino passante al rosso giacinto ad una parte assottigliata, presentandosi rosso vinato in qualche altra parte e topazio abbruciato, tendente al giallo melato, in altro punto. I cristalli minuti isolati sono per lo più rosso rubino o rosso giacinto, qualcuno è anche giallo rossastro: il colore più comune però è il rosso vinato del granato bacillare col quarzo.

Nei cristalli isolati la forma comune è (211), talvolta in combinazione con (110), che non ho però mai trovato isolato a Cala Francese: le faccie dei cristalli isolati sono splendide, lucidissime, liscie, ma quando i granati sono in aggruppamenti od in massa le faccie presentano varî sistemi di strie, come le presentava il grosso frammento di cristallo sopra rammentato.

Col lavaggio di varî campioni specialmente di quelli in forme bacillari col quarzo o col granato incluso nel feldispato e nel quarzo ho potuto far la cernita di alcuni grammi di frammenti, e sopra una quantità superiore ai 6 decigrammi il dott. Manis avrebbe ottenuto questi risultati in un'analisi quantitativa:

SiO_2	34,86
Al_2O_3	9,35
Fe_2O_3	25,31
MnO	21,45
CaO	4,65
CuO	3,84
MgO	0,10
H_2O	0,51
	100,07

essendo riuscite negative le ricerche per YO, TiO_2 e Cr_2O_3.

Il risultato dell'analisi di questo granato, del quale in precedenza il collega prof. Guglielmo avea calcolato il peso specifico in 4,1941 alla temperatura di 15° C., per le enormi quantità di ferro e di manganese, essendo però quella superiore a questa, mi avrebbe fatto concludere per la specie *almandino*, più che per la *spessartite*; ma ben pensando, che, se la composizione chimica dei granati è già molto variabile per campioni della stessa specie, trattandosi nel caso nostro di un'analisi sopra frammenti e frammentini di varî individui, che potrebbero anche appartenere a specie differenti, e quindi l'analisi rappresentare benissimo una miscela di più specie di granato, come *almandino* e *spessartite*, si comprende come non abbia potuto acquietarmi dinanzi ai risultati sopra riportati, tanto più che in essi abbiamo anche la comparsa del rame ed in così enorme quantità, non conoscendo noi granati cuprifori, anche esaminando le numerosissime analisi date dall'Hintze (1), e perchè mi sia indotto a far procedere lo stesso dott. Manis ad altra analisi sopra un frammento

(1) *Handbuch der Mineralogie.* Leipzig, 1897, pp. 71-79.

del peso di gr. 1,0265 di un solo granato, ottenuto dal pezzo ricordato superiormente, che pesava gr. 2,324 e che fu spezzato in tre, e pel quale avrebbe avuti questi risultati:

SiO_2	36,80
Al_2O_3	9,90
Fe_2O_3	26,10
MnO	21,80
CaO	4,95
CuO	0,51
H_2O	0,09
	100,15

senza MgO, con risultati negativi per YO, TiO_2 e Cr_2O_3 e colla quantità di rame ridotta a 0,51 %.

Il peso specifico di questo granato, prima che fosse spezzato, alla temperatura di 14° C. risultò a me colla bilancia del Mohr eguale a 4,233 ed al prof. Guglielmo sopra un pezzo del peso di gr. 1,2975 alla temperatura di 15° C. risultò di 4,2401, certamente più attendibile del mio.

Dando sempre a pensare la presenza del rame, sebbene sia enormemente diminuito in confronto dell'altra analisi, il predominio del ferro sul manganese e l'abbondanza della calce suggeriscono a riconoscere nel nostro granato l'*almandino* pel quale concordano anche il peso specifico e gli altri caratteri fisici; così pure i risultati della prima analisi portano a concludere per l'*almandino*, anche per quel miscuglio di frammenti, senza escludere che a Cala Francese vi possano essere pur anche la *spessartite* e forse anche la *grossularia*, alla quale specie sarei tentato riferire due esemplari di color giallo rossastro colla lucentezza un po' resinosa.

I bei cristalli di granato si veggono nelle vene o nelle lenticelle di quelle pegmatiti grafiche, nelle quali si annidano anche molte altre specie minerali: generalmente i cristalli isolati netti od in gruppi compariscono nella parte superiore delle stesse vene o lenticelle, che si presenta sempre scabra od almeno lievemente mammellonata, essendo le sporgenze e più ancora le rientranze ricoperte e ripiene di minerali micacei oscuri, non ancora studiati, e portanti superiormente numerose pagliette di mica color giallo d'oro, associata per lo più all'epidoto, comparendo talvolta qua e là anche della supposta *damourite*, ma specialmente cristalli di quarzo affumicato, mentre nella parte inferiore, sempre pianeggiante, troviamo il quarzo jalino in bellissimi accrescimenti regolari coi feldispati; molto spesso i cristalli di quello e le masse omogenee di questi ricoperti da un intreccio cristallino di epidoto, alle volte anche di sensibile spessore, generalmente di color verde chiaro, e che compare, sebbene raramente, anche nella parte superiore fra i minerali micacei ed i cristalli di quarzo, associato alle pagliette di mica dorata. Spessissimo troviamo ancora secrezioni di quella calcite per lo più granulosa, che per qualche tempo m'ha fatto pensare alla jalite, quasi sempre anch'essa associata all'epidoto.

Il granato si presenta anche in mezzo alle vene, ma allora è sempre raggiato col quarzo, formando secrezioni arnionali di qualche centimetro di diametro, spiccando

coi suoi colori rossastri dalla massa bianca o bianca rosea della caratteristica pegmatite grafica, nella quale troviamo ancora macchie con altri elementi oscuri. In queste curiosissime vene pegmatitiche fra le tante cose ha bisogno d'essere studiato il minerale micaceo, ricordato più addietro e che ricopre la parte superiore di esse o ne riempie le intercapedini tra le piccole protuberanze in forma di mammelloni più o meno pronunciati, rivestendo talvolta anche i cristalli di quarzo e l'epidoto.

Zircone. Tale specie minerale, assai frequente microscopicamente nelle roccie granitoidi isolane, tanto che la granulite dei famosi sferoidi di Ghistorrai presso Fonni ne contiene uno speciale, oltre quello dovuto ai gneiss centrali e all'altro dovuto alle granuliti normali, è abbastanza comune anche nel massiccio di Cala Francese, ma microscopicamente. Solo in questi ultimi tempi l'ho potuto trovare macroscopicamente in pochissimi esemplari: alcuni di questi inviati da me in comunicazione al Pelloux, furono da lui brevemente descritti [1], come misuranti poco più di un millimetro secondo l'asse verticale, di color grigio-bruno e presentanti la semplicissima combinazione del prisma (100) con la bipiramide (111): i pochi cristallini sono adagiati per la zona prismatica su frammenti di granulite non normale, generalmente fra gli elementi feldispatici ed il quarzo.

Ortite od *Allanite.* Come in tutte le roccie granitoidi sarde è abbastanza frequente anche a Cala Francese, specialmente cogli epidoti in cristalletti allungati od in frammenti di cristalli, sovente rivestiti da un mantello di quella sostanza: generalmente non è di colore oscuro, come mi si presentarono i primi esemplari trovati, ma di color giallognolo più o meno intenso.

Axinite. Questo borosilicato d'allumina calcico, come nei classici giacimenti di Striegau e di Baveno, non manca neppure nelle superbe granuliti di Cala Francese in piccoli cristalli caratteristici, ma nettamente definiti, particolarmente alla parte superiore delle vene o lenticelle della pegmatite grafica, superiormente descritta, in mezzo ai minerali micacei: non è però molto comune.

Tormalina. Solo due frammenti di cristalli di questa specie minerale, varietà nera, mi fu dato trovare a Cala Francese, ma non nelle granuliti normali.

Titanite. Questa specie minerale abbondante in generale nelle granuliti biotitiche isolane, nelle quali si presenta anche in cristallini netti, brillanti, di color giallo melato, non manca neppure a Cala Francese, nel cui massiccio però la dobbiamo dire abbastanza rara; e gli stessi sottili prismetti aciculari, citati dal Riva [2], specialmente quelli di color bianco, a faccie lucenti ed alquanto curve, riferite da lui pei caratteri cristallografici ed ottici alla titanite, ritengo si debbano riferire alla *laomontite*, zeolite abbastanza frequente, sebbene in piccola quantità, in quello splendido massiccio.

Apatite. Comune nelle roccie granitoidi di tutta la Sardegna fu trovata anche a Cala Francese, ma solo microscopicamente come in tutte le altre località isolane in aghetti disseminati, non abbondantemente, fra i componenti delle granuliti. Solo in questi ultimi tempi l'illustre capitano Pelloux trovava un cristallo macroscopico

[1] Lavoro citato, pag. 5 dell'estratto.
[2] Lavoro citato, pag. 17 dell'estratto.

nell'abbondante materiale maddalenino, che a lui aveva mandato in comunicazione. Mi piace qui riportare le parole, colle quali il bravo mineralogista comincia a descrivere il cristallo di apatite, che finora è l'unico macroscopico di tale specie rinvenuto nell'isola: « Il cristallo di cui si tratta aderisce ad una faccia (001) di un « cristallino di *microclinopertite*, geminato secondo la legge di Baveno, risultando « con la propria base inclinato di circa 30° su quella del feldspato. Il cristallo è « incoloro e quasi perfettamente trasparente, misura all'incirca 1 mm. $\frac{1}{2}$ di diametro « e mostra buona parte delle faccie della metà superiore e qualche faccia di quella « inferiore ». Per le forme osservate e per le misurazioni fatte degli angoli del bel cristallino rimando il lettore al seguito della descrizione del Pelloux (1).

Minerali d'origine secondaria o prodotti di decomposizione e trasformazione.

Si sa che nella trasformazione dei feldispati, pegli alcalini od acidi, come vogliamo chiamarli, si ottengono prodotti generalmente caolinici e muscovite, pei basici di Ca ed Na, oltre a prodotti caolinici abbiamo epidoto, terre verdi, calcite, zeoliti e specialmente prehnite. Ora essendo a Cala Francese assolutamente eccezionale la muscovite, avendo finora trovato un solo campioncino con lamine abbastanza larghe, dobbiamo dire che i feldispati alcalini colà difettano, mentre sono in predominio gli oligoclasi ed altri feldispati, sempre di Ca ed Na, passanti all'andesina, che ci dànno tanti prodotti di decomposizione. Alterandosi tali feldispati, si caolinizzano, ed in questo processo, che concorre a dar luogo a diverse specie minerali, producendo specialmente *epidoto*, abbondantissimo a Cala Francese, varie terre verdi, fra le quali in grande quantità una specie, che vorrei identificare con una varietà di *stilpnomelano*, del quale in seguito darò l'analisi quantitativa, nonchè *turingite* e *ripidolite*, come pure ancora *calcite*. Questa alle volte quasi da sola forma delle borse considerevoli, includendo solo qualche altra specie minerale, come pure da quella alterazione possono derivarne della *prehnite* e varie specie di *zeoliti*, fra le quali conseguentemente vedremo predominare le calciche, che però sempre si presentano con piccole druse, con pochi e non grossi cristalli, o formanti intrecci o spalmature cristalline nelle fessure fra lamina e lamina di granulite, sempre in quantità assolutamente secondaria relativamente alla quantità di epidoto, di terre verdi o di calcite: solo per la prehnite, che da alcuni è messa ancora fra le zeoliti, si potrebbe fare eccezione, formando essa alle volte belle venuzze od intrecci tanto colla calcite che coll'epidoto o collo stesso stilpnomelano.

Comunque sia noi dobbiamo inferire che i feldispati ortosici sono più recenti degli oligoclasici, i quali poi sono quelli che predominano nelle belle granuliti normali, avvenendo il contrario nelle forme pegmatitiche.

(1) Lavoro citato, pag. 4 dell'estratto.

Fra tutti i prodotti di decomposizione prevale l'*epidoto*, ma prima di questo silicato descriveremo la *limonite* ed i carbonati, fra i quali abbondantissima troviamo la calcite.

Limonite. È abbastanza comune, come decomposizione della pirite, in larghe macchie od anche in cubi ed emiesacisottadri, oppure in bellissime dendriti, particolarmente in rare concentrazioni di una granulite giallognola, sulla quale forma delle croste anche di qualche millimetro di spessore.

Calcite. Nell'abbondante materiale di Cala Francese, che ebbe in comunicazione da me l'illustre capitano Pelloux fino dal 1906, erano pochi i campioni comprendenti questa specie minerale, e fu certamente per questa ragione che il valente cultore degli studî mineralogici stampava (1) sembrargli essere molto rara la calcite nella granulite della Maddalena, mentre invece noi la troviamo abbondantissima formando alle volte quasi da sola delle intere borse, come ho già superiormente accennato. Oltrechè però avere questo carbonato in masse, riempienti quasi da sole delle borse, noi lo troviamo, come abbiamo già citato, in belle ed interessanti secrezioni granulose, incolore o bianche, formanti massecole speciali, ricoprenti il quarzo od i feldispati e spesso anche gli epidoti, particolarmente nelle vene della pegmatite grafica descritta. Le segregazioni maggiori di calcite, quella delle borse od anche delle vene o riempimenti in mezzo alle pegmatiti comuni, presentano frequentissime le faccie di sfaldatura di grossi romboedri, aventi varî centimetri di lato: i cristalli non tanto rari, si riducono per lo più al prisma terminato dai romboedri. La bella calcite di Cala Francese è trasparente, limpidissima, incolora o giallognola: è un po' torbida, se cristallizzata.

Malachite. Si presenta in pochissime macchiette verdi caratteristiche, come decomposizione della rara calcopirite e forse anche erubescite.

Epidoto. È il minerale d'origine secondaria più abbondante e più frequente in tutte le granuliti di Cala Francese. Raramente si presenta in cristalli bacillari, più spesso mostrasi in cristalli prismatici assai sottili, quasi aciculari, allungati secondo l'asse di simmetria, riuniti fra loro od intrecciati confusamente in fascetti, più raramente correnti fra loro paralelli, più spesso raggiati o flabelliformi. Quindi sono rari i cristalli isolati, dice il Pelloux (2), che ha esaminati molti campioni con epidoto del nostro massiccio, rarissimi quelli limitati da facce ben nette o terminati ad una estremità. Abitualmente le facce secondo le quali i cristalli sono allungati presentano profondi solchi, mentre alle estremità gli individui mostrano terminazioni drusiche. Si presenta l'epidoto anche in istrati fino di 4 centimetri di potenza, sempre però cristallino, solo talvolta granuloso ed anche finamente granuloso, quando si trova in via d'inoltrata decomposizione: sempre quegli strati sono costituiti da fibre od anche prismetti, fittamente intrecciati fra loro, fra le masse feldispatiche o fra la superficie di frattura dei vari elementi delle granuliti, nelle fessure, che formano gli elementi rotti o sconnessi, riempiendo le intercapedini o ricoprendo alle volte interamente le facce dei cristalli o delle lamine di microclino insieme a quelle dei cristalli di quarzo, con fitti intrecci di prismetti aghiformi, presentando qua e là eleganti ciuffetti cri-

(1) Lavoro citato, pag. 3 dell'estratto.
(2) Lavoro citato, pag. 6 dell'estratto.

stallini. Alle volte si trova anche in sferulette, appena visibili, formate da aghetti divergenti di epidoto di color verde pallido.

Si comprende che in generale più ricche di epidoto, sebbene alquanto alterato, vanno le masse feldispatiche più decomposte, quelle che presentano aspetto caolinico e talora anche tufaceo.

Il Pelloux, che nelle sue interessanti pagine sopra i minerali contenuti nelle belle granuliti di Cala Francese dà le misure di alcuni angoli, da lui calcolati, dice che i cristalli di epidoto della Maddalena non si prestano però, in genere, ad esatte misure, e ciò a causa della forte striatura, che presentano lungo la zona, secondo cui sono allungati.

Il colore dell'epidoto di Cala Francese è per lo più verde pistacchio, assai raramente verde intenso, come si presenta frequentemente anche in alcune porfiriti isolane; talvolta è anche di color giallo verdognolo od anche giallo paglierino; specialmente quando comincia a decomporsi, essendo appena giallognolo o quasi bianco, quando la decomposizione è inoltrata. Con questi colori chiari compare anche nelle frequenti inclusioni nei cristalli di quarzo o nei cristalli o lamine di feldispato: tali inclusi, che parlano chiaramente della priorità dell'epidoto sulla consolidazione di quei cristalli e lamine, ci fanno nettamente pensare a quella seconda generazione di quarzo e di feldispati, alla quale abbiamo già accennato nella massa fondamentale.

In ogni modo, trovandoci noi in presenza di una così enorme quantità di epidoto, nasce in noi naturale l'affermazione che questa così grande quantità di epidoto non sia dovuta soltanto a processi di alterazione degli elementi atti a produrre tale specie minerale, ma piuttosto a causa secondarie esterne. Diremo poi come troviamo l'epidoto talvolta passare nettamente alla calcite, alla prehnite ed alle terre verdi, che descriveremo in seguito. A proposito però della calcite non posso passar oltre senza aggiungere che in talune secrezioni di questo carbonato incoloro o bianco giallognolo vediamo spiccare incluse delle massecole flabelliformi cineree o bianco-grigiastre, che ad occhio e croce si potrebbero prendere per *tremolite*, ma l'ipotetico riferimento ben facilmente viene scartato, se si pensa alla rarità ed al modo di presentarsi dell'anfibolo a Cala Francese, come abbiamo superiormente accennato.

La media di due analisi quantitative eseguite sopra un grammo abbondante di questa sostanza avrebbe dato al dott. Manis questi risultati:

SiO_2	32,98
Al_2O_3	33,21
Fe_2O_3	9,49
CaO	22,13
MgO	1,77
H_2O	0,12
	99,70

Anche il peso specifico, calcolato dal prof. Guglielmo in 3,343 alla temperatura di 27° C. riferita all'acqua a 4°, fa concludere per una varietà di epidoto bianco-cinereo, analogo a quello trovato da me varî anni fa nel giacimento blendoso di

Su Poru fra Fonni e Correboi ed all'altro, trovato da me, ancora prima cioè nel 1882, fra le roccie di Yandagaia nel canal di Beagle alla Terra del Fuoco (1) ed analizzato dal Lacroix.

Il Pelloux colla sospensione di cristallini verdolini di epidoto di Cala Francese nel liquido di Rorbach ha calcolato il peso specifico alla temperatura di 16° C. in 3,420 (2).

Prehnite. Anche questa specie minerale è frequente a Cala Francese e si presenta di una bellezza straordinaria quando assume la colorazione giallo-verdognola, essendo più abbondante l'altra varietà quasi bianca, sempre granulosa o compatta, che dapprima si credeva più scarsa. Compare non nelle cavità o fenditure delle granuliti, ma in riempimenti più o meno sensibili, in vere masserelle intercalate fra i feldispati, il quarzo, l'epidoto e le terre verdi, specialmente alla dipendenza della calcite o dell'epidoto o del supposto stilpnomelano, dai quali passa insensibilmente a formare lenticelle serpeggianti e secrezioni speciali, come quasi una graduale trasformazione di quelle specie minerali. La vediamo spiccare nettamente per la sua bella colorazione quando si presenta fra i feldispati; non mai finora l'ho trovata cristallizzata.

Veggasi in proposito la descrizione e le analisi date per queste due varietà di prehnite dal dott. Rimatori (3).

Heulandite. Le zeoliti a Cala Francese sono abbastanza frequenti, ma quasi mai in vistosi esemplari: per lo più formano piccoli nidi nelle druse delle granuliti non normali, là dove gli elementi di queste divengono più grossi e si presentano ordinariamente in cristalli, oppure nelle così dette borse o nelle forme pegmatitiche. Le specie finora trovate nel bel massiccio di Cala Francese, già accennate ed anche descritte dal Rimatori (4) e dal Riva (5), erano la *stilbite*, la *cabasite*, la *scolecite*, e la *laumontite*: con queste specie di zeoliti calciche alle quali forse si potrà aggiungere in seguito la *thomsonite*, dobbiamo oggi ricordare l'*heulandite*, descritta recentemente dal Pelloux (6) e da me trovata a Cala Francese in pochissimi esemplari fin dal 1903: mando il lettore alla bella descrizione che per questa zeolite fa lo stesso Pelloux, che dà le forme dei cristalli e ne misura gli angoli.

Stilbite. È la più abbondante fra le zeoliti a Cala Francese, dove l'ho trovata in fascetti di cristalli o più spesso in piccoli aggregati cristallini fibroso-raggiati di color giallo chiaro, sempre a splendore perlaceo, tendente al resinoso, ma più spesso si presenta collo stesso colore e colla stessa lucentezza come un intreccio di minuti cristalli tabulari, che intarsiandosi in tutti i modi formano una specie d'incrosta-

(1) *Mission scientifique du Cap Horn*, Paris, 1882-1883. [Extrait du tome IV: *Géologie Appendice. Description des roches recueillies à la Terre de Feu*, pag. 208-209.

(2) Lavoro citato, pag. 6 dell'estratto.

(3) *Le prehniti ed altre zeoliti nelle granuliti di Cala Francese* (*Isola della Maddalena-Sardegna*). Estratto dai *Rendiconti R. Accad. dei Lincei*, vol. XI, 1° sem., serie 5ª, fasc. 12°. Roma 1902.

(4) Lavoro precedente.

(5) Lavoro citato, pag. 18 dell'estratto.

(6) Lavoro citato, pp. 7-9 dell'estratto.

zione, sulla superficie di frattura delle granuliti, talvolta dello spessore di qualche millimetro, e di questa il Rimatori ha dato l'analisi (1). Ultimamente nelle druse di un campione di pegmatite ho trovato associati i cristalli di stilbite insieme a quelli di heulandite.

Cabasite. Si presenta in bellissimi romboedri di colore giallo melato come quelli di Striegau nelle piccole cavità lasciate libere dagli elementi cristallizzati nelle pegmatiti a non grossi elementi, essendo la specie piuttosto rara nelle forme pegmatitoidi a grossi elementi. In questi ultimi tempi ho trovato secrezioni e cristalli splendidi di cabasite dentro la calcite ed anche nella prehnite. Pure questa specie fu illustrata dal prof. Rimatori (2).

Laomontite. Zeolite abbastanza comune a Cala Francese, non solo sotto forma di aggregati, generalmente bianchi, a lucentezza sericea, ma anche in bellissimi cristalli isolati, nitidissimi, di qualche centimetro di lunghezza, o riuniti in gruppetti, aderenti generalmente a cristalli o frammenti di feldispati od annidati fra le massecole di minerali micacei sulle superfici delle vene di pegmatite grafica o frammezzo a gruppi di epidoto in nidi speciali con cristalli piccoli, ma nitidissimi, quasi trasparenti e terminati nettamente ad una estremità, talvolta anche finamente fibrosa e quasi friabile. Di questa zeolite, descritta anche dal Pelloux (3), ne fa parola il Riva (4), posteriormente il Rimatori (5), che ne dà anche l'analisi quantitativa.

Scolecite. È la più rara fra le zeoliti delle belle granuliti del nostro massiccio: è di colore giallo chiaro, in gruppetti divergenti di cristalli aciculari ed in piccole masse raggiate, che farebbero pensare subito alla stilbite e che si veggono in piccolissimi nidi fra feldispati e quarzo, ed anche confusamente impastata coll'epidoto, dal quale quindi difficilmente si può separare. Ecco perciò le difficoltà incontrate dal Rimatori per procedere all'analisi quantitativa di questa rara zeolite, che finora non s'era ancora incontrata nell'isola bella (6).

Clorite. Abbiamo già ricordato questa specie minerale abbastanza frequente come prodotto di decomposizione della mica biotite in talune granuliti di Cala Francese.

Ripidolite. Si presenta in massecole granulose finissime di color verde cupo e si lascia rigare facilmente anche dal gesso, fondendo col borace in perla colorata in verde cromo.

Turingite. Più frequente della specie precedente, è di essa molto più dura, non così finamente granulosa, di un verde non così cupo e fonde in perla attirabile dalla calamita.

Stilpnomelano. Silicato idrato di color verde oscuro, che si presenta quasi così frequente come l'epidoto, dal quale sembra risulti per decomposizione. Il dott. Rimatori, che misurò alla temperatura di 18° C. in 2,868 la densità di questa terra verde, che

(1) Lavoro citato, pag. 544.

(2) *Sulle cabasiti della Sardegna e della granulite di Striegau nella Slesia.* Estratto dai *Rendiconti R. Accad. dei Lincei*, vol. IX, 2° sem., serie 5ª, fasc. 4°. Roma, 1900.

(3) Lavoro citato, pag. 9 dell'estratto.

(4) Lavoro citato, pp. 18-19 dell'estratto.

(5) *La prehnite ed altre zeoliti* ecc., pag. 546.

(6) Lavoro citato, pp. 546-547.

presenta tutti i caratteri di essere nuova, ha proceduto all'analisi quantitativa sopra mezzo grammo abbondante di sostanza, ottenendone i seguenti risultati:

SiO_2	43,79
Al_2O_3	14,66
Fe_2O_3	10,68
FeO	13,35
MnO	traccie
CaO	4,96
MgO	1,69
Na_2O	1,48
K_2O	0,39
Li_2O	traccie
H_2O	7,96
	98,96

presentandosi negativa pel *titanio* e pel *cromo*. L'interesse presentato da questa sostanza, tanto abbondante a Cala Francese mi spinse a farne esaminare alcuni campioni dal prof. dott. Baumhauer, il quale poco appresso, dopo averne fatto due preparazioni sottili, così mi scriveva: « Nella più grande delle due preparazioni si « rimarca esattamente la massa di epidoto ed il minerale verde oscuro, che può « esserne derivato. L'ultimo mostra benissimo, notevolmente nella sezione più piccola, « il carattere analogo alla clorite ed alla ripidolite, foglie esagonali verdi fino al « verde brunastro e degli aggregati curvi in forma di vermi con forte dicroismo. « Per quanto appare si tratterebbe di un minerale molto alluminifero, ma ravvici- « nantesi altresì allo Stilpnomelano; non mi è possibile però in tutti i casi di dire, « se si tratta d'una varietà di minerale già conosciuta o di un minerale nuovo ».

Caolino. I prodotti caolinici si veggono qua e là parzialmente sempre, sebbene in non grosse secrezioni, dove gli elementi feldispatici sono minuti, formando massecole sferoidali, ellissoidali od altre concentrazioni a contorni mai bene definiti e mai molto sensibili. Una sola volta colà m'accadde di vedere trasformata in caolino una vena: esaminata bene la roccia, che l'aveva prodotta, ho trovato che essa era di aplite con parecchie macchie oscure, lucenti in taluni punti centrali, sormontata tale aplite da vena di pegmatite ad elementi piuttosto minuti ed in questa parte ho trovati cristalli o grani di quarzo. Una di tali massecole, non ancora bene trasformata in puro caolino, sebbene con alterazione bene inoltrata, mi successe di trovarla anche nelle vene di pegmatite grafica.

RELAZIONE

dei Soci G. Strüver e C. Viola (relatore) letta nella seduta del 2 marzo 1913, sulla Memoria del dott. F. Ranfaldi, intitolata: *Sulla titanite di Val Giuf ed i minerali che l'accompagnano.*

L'autore fa conoscere i minerali di una roccia gneissica di Val Giuf, sui quali non si hanno pubblicazioni.

Sono interessanti la titanite e l'apatite, che l'Autore studia rilevandone i caratteri cristallografici. Egli tira la somiglianza e la differenza fra questa titanite e quelle conosciute dell'Adula; fa rilevare il carattere domatico della titanite causato dalla mancanza di alcune faccie del prisma {317} e di una del pinacoide {102}, o {5.0.11}; ne studia l'abito tavolare secondo {102}, o faccie vicinali, o {317} nuova, o zona [010], o infine {100}, come è illustrato nelle interessanti figure annesse, facendo nello stesso tempo importanti osservazioni sull'abito dei cristalli semplici, o geminati e poligeminati secondo {100}, e determinando nuove faccie, e assicurando maggiore probabilità ad altre.

Nell'apatite l'Autore mette in rilievo due aspetti tavolari, di cui uno con carattere emimorfo non ancora osservato in questa località.

L'adularia aggregata ai detti minerali, ha l'abito ordinario.

La Commissione è di avviso che l'argomento trattato dall'Autore è prezzo dell'opera sia conosciuto, e, in vista dell'accuratezza del lavoro, propone sia stampato in esteso nelle Memorie dell'Accademia.

Sulla titanite di Val Giuf e minerali che l'accompagnano [1].

Memoria del dott. F. RANFALDI

(Con una tavola)

Tempo fa, il prof. F. Zambonini, esaminando alcuni campioni di minerali acquistati dal prof. Piutti per le sue note ricerche sull'elio, ebbe a notarne uno, proveniente da un nuovo giacimento di Val Giuf, in Isvizzera, nel quale si distinguevano degli interessanti cristalli di *titanite* e di *apatite*. Non essendo fin'ora state pubblicate ricerche speciali su tali minerali di questo giacimento, egli ritenne utile il farli studiare accuratamente, ed ebbe la gentilezza di affidarne a me la determinazione.

Per questo, e per i consigli datimi nell'esecuzione del lavoro, mi è caro porgere anche qui i miei ringraziamenti al prof. Zambonini.

Il campione offertomi in esame proviene da una roccia gneissica evidentemente alterata, le cui pareti sono tappezzate da cristalli di *adularia*, quasi completamente incrostati da *clorite* di colore verde-erba. Numerose e piccole lamelle di *biotite* luccicano sulla frattura della roccia, nella quale, oltre ai minerali accennati, si mostrano del *quarzo* e del *feldispato*, che, con la *clorite*, costituiscono gli elementi dominanti.

Titanite. — Sulla superficie della roccia, fra i cristalli di adularia, spiccano pel loro splendore adamantino, che li rende a prima vista manifesti, dei cristallini di *titanite*, accompagnati da rari e minutissimi altri di *apatite*.

I primi sono di colore giallo-bruno, sempre molto pallido, che si mostra particolarmente intenso verso l'estremità libera dei cristalli e va leggermente degradando verso la parte impiantata, dove gli individui, dopo avere assunto dei toni bianchicci, si mostrano quasi incolori e semitrasparenti.

I cristalli di titanite si presentano d'ordinario isolati ed impiantati, spesso, per un estremo dell'asse b, alle volte per alcune delle facce laterali, e solo eccezionalmente si presentano adagiati su di una faccia del pinacoide $x\{102\}$, nel quale caso, gran parte delle faccette laterali sono ricoperte dagli altri minerali.

Le loro dimensioni si mantengono quasi sempre al disotto del millimetro, e solo qualche individuo raggiunge la dimensione massima di circa mm. 3 nel senso dell'asse b, secondo cui i cristalli si mostrano sempre sensibilmente allungati.

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia della R. Università di Napoli.

Fra gli individui osservati sono piuttosto frequenti i geminati, dei quali molti sono di compenetrazione, alcuni sono di contatto ed uno ne trovai polisintetico in serie parallela. Per tutti la legge di geminazione è quella assai comune per i cristalli di questa specie: asse di geminazione la normale a (100).

I cristalli sono alquanto ricchi di forme, delle quali alcune nuove, ed altre interessanti, perchè raramente trovate nei cristalli finora studiati di altri giacimenti.

Le forme osservate sono le seguenti:

$a\{100\}$,	$c\{001\}$
$o\{310\}$,	$m\{110\}$
$x'\{5.0.11\}$?,	$x''\{6.0.13\}$*?, $x\{102\}$
$s\{021\}$,	
$z\{112\}$,	$n\{111\}$
$y''\{\bar{1}.1.20\}$,	$l\{\bar{1}12\}$, $t\{\bar{1}11\}$, $w\{\bar{2}21\}$
$\mathcal{A}\{317\}$*,	$c'\{3.1.50\}$*
$\boldsymbol{M}\{\bar{1}32\}$	

Le forme contrassegnate con asterisco sono *nuove* per la specie.

La frequenza delle 17 forme e le loro combinazioni si rilevano dal seguente prospetto, dove la presenza o l'assenza delle forme è rispettivamente indicata col segno + e col segno —.

N. d'ordine	$a\{100\}$	$c\{001\}$	$o\{310\}$	$m\{110\}$	$x'\{5.0.11\}$	$x''\{6.0.13\}$	$x\{102\}$	$s\{021\}$	$z\{112\}$	$n\{111\}$	$y''\{\bar{1}.1.20\}$	$l\{\bar{1}12\}$	$t\{\bar{1}11\}$	$w\{\bar{2}21\}$	$\mathcal{A}\{317\}$	$c'\{3.1.50\}$	$\boldsymbol{M}\{\bar{1}32\}$
1	+	+	—	+	—	—	+	+	—	+	—	+	—	—	—	—	—
2	+	+	—	—	+	—	+	+	—	+	—	+	—	—	+	+	—
3	+	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	—
4	+	+	+	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—	—	—	—	—
5	+	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	+	+	+	—	—	+
6	+	+	+	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	—	—	—	+
7	+	—	+	—	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	—	+
8	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	+
9	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	+
10	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	+	—	—

Le prime tre combinazioni sono state osservate solamente nei cristalli semplici, e di queste la prima e la seconda sono rare, piuttosto frequente è la terza.

Tutte le altre combinazioni sono state trovate nei geminati e di queste le ultime quattro sono da ritenersi più uniche che rare, mentre la più frequente è la sesta.

* * *

L'*habitus* dei cristalli semplici, che mostrano soltanto delle forme già note nella titanite, è sempre nettamente tabulare (fig. 1), con tale predominio del pinacoide $x\{102\}$, che riesce assai malagevole scorgere la maggior parte delle facce laterali, fra le quali si presentano discretamente sviluppate quelle del pinacoide $a\{100\}$ e della base $c\{001\}$, le quali forme ora hanno sviluppo pressochè uguale, ora l'una domina sull'altra. Anche i prismi $n\{111\}$ e $s\{021\}$ si presentano con faccette alquanto estese, mentre tutte le altre forme hanno facce con grandezza variabile, ma sempre subordinate alle precedenti.

Questi individui — per il predominio della zona [010], per la combinazione e l'aspetto delle forme costanti e prevalenti e per il reciproco sviluppo di queste — assomigliano ai cristalli di titanite del Vallese e del Tirolo ricordati dal Des Cloizeaux [1], il tipo dei quali, nella titanite della Valle Giuf, è alquanto modificato solo per la costante presenza del prisma $n\{111\}$, giacchè le altre forme $m\{110\}$ ed $l\{\bar{1}12\}$, per la loro esiguità, non hanno mai sensibile influenza sull'*habitus* cristalligrafico.

Però, i cristalli testè descritti sono rari. Quasi sempre, il pinacoide $x\{102\}$ diventa subordinato, o non si presenta affatto, e viene sostituito da facce ad esso vicinali, molto estese e sempre prevalenti sulle altre, rispondenti a simboli più complessi, fra i quali si poterono determinare con sufficiente esattezza quelli delle forme $A\{317\}$ e $x''\{6.0.13\}$, che sono nuove per il minerale, oltre a quello della $x'\{5.0.11\}$, già trovata una sola volta e determinata dal Repossi nella titanite del granito di S. Fedelino (lago di Como) [2].

È notevole che in tutti i cristalli semplici osservati le due facce del pinacoide $x\{102\}$, anche nello stesso individuo, non sono mai entrambe sostituite da facce di una stessa forma, ma mentre una di esse viene sostituita, in tutto od in parte, da una faccia della $A\{317\}$, l'altra è sempre, e per intero, sostituita da una faccia della $x'\{5.0.11\}$. Perciò, questi cristalli mostrano un aspetto *domatico*, che, per la sua frequenza, potrebbe dirsi caratteristico per la località; e viene così ad arricchirsi la serie dei cristalli di titanite che presentano quel difetto di simmetria a cui A. Lévy [3] accennava fin dal 1837. La fig. 2 riproduce in proiezione obliqua (a) e ortogonale (b) uno di quei cristalli nei quali $x\{102\}$ è sostituita solo parzialmente dalla $A\{317\}$. La fig. 3 rappresenta un cristallo in cui tale sostituzione avviene completamente.

Il tipo dei cristalli semplici è conservato sensibilmente solo dai subindividui dei *geminati a penetrazione*, i quali per altro differiscono dai primi — oltre che per la comparsa meno frequente di $A\{317\}$ e per maggior ricchezza delle forme terminali — per un aspetto ordinariamente meno tabulare e per un maggiore sviluppo di $l\{\bar{1}12\}$,

[1] *Manuel de Mineralogie*, Paris, 1862, I, 149.

[2] Rendic. Acc. Lincei, Roma, 1906, vol. XV, serie V, fasc. 9, pag. 508.

[3] *Description d'une collection de Minéraux formée par M. Henri Heuland*, Londres, 1837 III, 361.

la quale, mentre nei cristalli semplici si presenta costantemente con esile faccette, in tutti i geminati si mostra invece sempre discretamente estesa. Alcune volte questo sviluppo è tale che le sue faccette, assumendo una sensibile prevalenza su quelle delle altre forme terminali, arrivano ad incontrarsi lateralmente fra loro due a due, ed allora i geminati presentano un aspetto simile a quello dei cristalli cruciformi del S. Gottardo, studiati dal Rose (1), nonchè a quello di Rosein presso Sumvix, e più ancora — per la costante presenza di $n\{111\}$ e di $s\{021\}$ — a quello dei geminati di Tobel Drun determinati da vom Rath (2) ed il cui disegno tipico è riprodotto da Hintze (3), e da molti altri Autori, per cui stimo inutile riprodurne l'aspetto.

Altre volte le facce di $l\{\bar{1}12\}$, pur mostrandosi alquanto estese, non arrivano ad incontrarsi fra loro pel preponderante sviluppo di $n\{111\}$ e di $s\{021\}$, ed allora i cristalli — pel predominio della zona [010], per l'identità e reciproco sviluppo delle facce che la compongono, per la ricchezza delle forme terminali, nonchè per le proporzioni in lunghezza e grossezza del loro sviluppo generale — assomigliano di molto ai geminati cruciformi sensibilmente allungati nel senso dell'asse di simmetria, provenienti dal S. Gottardo e studiati pure dal Rose (4).

In questi cristalli, le forme terminali, mentre influiscono più o meno sensibilmente sul loro aspetto generale, talvolta si mostrano quasi in *equilibrio* per regolare sviluppo dei subindividui componenti i geminati, come mostra la fig. 4; tal'altra non presentano fra loro angoli rientranti, o per la diversa dimensione dei subindividui, o per sensibile spostamento di questi nel senso dell'asse di simmetria, come scorgesi nella fig. 5, la quale rappresenta in proiezione ortogonale e regolarizzato il tipo dei cristalli cruciformi della più ricca combinazione.

I *geminati di contatto* (vedi fig. 6) sono assai rari ed hanno una dimensione media di poco più di mm. 2 di lunghezza con circa $^3/_4$ di mm. di grossezza.

Essi, d'ordinario, si presentano abbastanza regolari, poichè non solo i loro subindividui mostrano quasi eguale sviluppo, ma anche la maggior parte delle forme dominanti sono costituite da facce sensibilmente equidimensionali. Solo si nota un piccolo spostamento delle faccette della zona [010], rilevato al goniometro da una lieve eccentricità delle immagini riflesse.

Questi geminati presentano una certa analogia con quelli della Eisbruckalp — descritti dal Busz (5) —, in quanto mostrano identiche le forme costanti e prevalenti, e pressochè uguale il rapporto di sviluppo fra la grossezza e la lunghezza (circa 1 : 3). Ma ne differiscono nell'aspetto per il diverso sviluppo di $l\{\bar{1}12\}$; la quale, mentre nei cristalli della Eisbruckalp si presenta con faccette prevalenti sulle altre terminali, sino ad incontrarsi fra loro, e conferire ai cristalli un aspetto piramidale-

(1) *De Sphenis atque Titanitae Systemate Crystallino*, 1820, tav. II, fig. 19.

(2) *Geognostisch-Mineralogische Beobachtungen im Quellgebiete des Rheins.* (Zeitschr. d. geol. Ges., 1862, XIV, 444).

(3) *Handbuch der Mineralogie*, Leipzig, 1897, II, 1626.

(4) Loc. cit., pag. 15, tav. III, fig. 27.

(5) *Beitrag zur Kenntniss des Titanits* (Neues Jahrbuch für Mineralogie, Stuttgart, 1887, V, 365).

fusato (1), nei geminati di Val Giuf si mostra, invece, con faccette alquanto estese, ma non tanto da formare spigoli comuni, ed i cristalli assumono un aspetto nettamente prismatico per sviluppo decisamente dominante della zona [010], nella quale il pinacoide $a\{100\}$ — che nei geminati a penetrazione si mostra costantemente a mediocre sviluppo e sempre subordinato alla $x\{102\}$ — in questi cristalli acquista quasi sempre moderata prevalenza sulle altre forme. Perciò questi geminati assomigliano a quelli del S. Gottardo, il cui disegno di un cristallo semplice è riprodotto nella tav. II, fig. 24 del più volte citato lavoro del Rose, ed il cui tipo pare sia stato il primo a conoscersi fra tutte le varietà dello sfeno (2).

Il *geminato polisintetico* (vedi fig. 7) presenta complessivamente le dimensioni di circa mm. $1\ ^1/_2$ di lunghezza, con mm. 1 di larghezza e circa $^1/_5$ di mm. di grossezza, e risulta costituito dall'associazione di quattro individui, di cui tre strettamente uniti fra loro per tutta l'estensione, o quasi, della faccia (100), dànno la geminazione in serie parallela; mentre il quarto, sensibilmente più piccolo ed in posizione parallela al subindividuo medio fra i primi tre, mostrasi nettamente distinto.

L'*habitus* dei subindividui di questo geminato si stacca decisamente da quello presentato dai cristalli finora descritti, poichè le faccette di $a\{100\}$, che, esili nei cristalli semplici ed alquanto più sviluppate nei geminati a penetrazione, si mostrano però sempre subordinate a quelle della $x\{102\}$, o delle altre forme sostituenti, secondo cui detti cristalli si mostrano più o meno tabulari — che acquistano moderata prevalenza sulle altre facce nei geminati di contatto, i quali presentano perciò aspetto nettamente prismatico — in questo geminato invece, tali faccette, predominano largamente su quelle di tutte le altre forme, e conferiscono ai cristalli un *habitus* decisamente tabulare secondo $a\{100\}$, il quale può dirsi addirittura papiraceo per l'individuo medio fra i primi tre più intimamente associati.

Per la estrema sottigliezza di questo subindividuo, il geminato si presenta a prima vista come costituito dall'associazione in posizione parallela di tre soli individui; e la identificazione della geminazione è ancora meglio mascherata dal fatto che le faccette che si trovano nel margine libero del quarto cristallino, non dànno misure angolari di cui si possa a rigore tenere stretto conto, perchè esse si presentano o brutte nell'aspetto o frammentarie per rottura; mentre d'altra parte le dimensioni in superficie del cristallo laminare, quasi del tutto identiche a quelle dello estremo posteriore, a cui esso si mostra intimamente unito, fanno sembrare come unico cristallo l'associazione di questi due individui, tanto più, che alla grande esilità delle faccette laterali del cristallo laminare, si unisce la loro particolare posizione, per cui essi non formano angoli rientranti con le faccette adiacenti dell'altro cristallo.

Però, se la giacitura di queste faccette concorre a ribadire l'idea di una associazione parallela, lascia anche intravedere l'esistenza della geminazione. Infatti, considerando le faccette $l(1\bar{1}\bar{2})$ ed $M(1\bar{3}\bar{2})$ del cristallo papiraceo, come appartenenti al cristallo posteriore, esse sarebbero rappresentate, rispettivamente, dai simboli $(\bar{3}48)$

(1) Loc. cit., tav. XI, figg. 19 e 20.
(2) Rose, loc. cit., pag 14.

e ($\bar{3}$.12.8) (1), che corrisponderebbero a forme nuove per la specie, e giacenti in maniera al tutto simmetrica rispetto al piano (100) — precisamente il piano che dà la legge di geminazione per tutti gli altri geminati osservati — con le adiacenti $l(\bar{1}12)$ ed $M(\bar{1}32)$ del cristallo posteriore. L'esame minuto ad accurato del gruppo, tolse poi ogni dubbio sulla sua vera natura.

***

Descriverò adesso le singole forme, riportando i valori angolari per quelle nuove o rare.

Il pinacoide $a\{100\}$ si è osservato in tutti i cristalli con facce mediocremente sviluppate, generalmente piane negli individui semplici; costantemente estese, spesso prevalenti e non di rado di inuguale ampiezza nei geminati, dove si presentano talvolta con fini striature parallele alla zona [100 : 310], tal'altra spezzate nel senso della [010], per cui riflettono immagini multiple, più o meno splendenti ed a bordi confusi.

La base $c\{001\}$ si rinviene in quasi tutti i cristalli, ed al contrario di $a\{100\}$, d'ordinario mostrasi discretamente estesa negli individui semplici ed a variabile sviluppo nei geminati. Le sue facce, in generale, sono pianeggianti e lucenti, ma delle volte sono spezzate in vario senso, ed allora riflettono immagini multiple, ordinariamente a debole splendore, a contorni variamente definiti ed a variabile distanza.

In un cristallo, una di queste facce presenta netta diedria nel senso della zona [001 : 310], e ciascuna delle faccette in cui si spezza riflette un'immagine centrale piuttosto brillante, ben collimabile, ma sfumata simmetricamente d'ambo i lati. Di queste faccette, una occupa la posizione della faccia-limite (001), l'altra se ne scosta di $3° \frac{1}{2}$. Volendo a questa assegnare un simbolo, questo risulterebbe $c'\{3.1.50\}$ nuovo, a quanto io sappia, per la specie, e tale da dare soddisfacente accordo fra l'angolo misurato ed il calcolato:

$$(001) : (3.1.50) = \begin{matrix} \text{(misur.)} \ 3°.30' \\ \text{(calcol.)} \ 3°.22' \end{matrix} \Big\} d = + 8' \ (2)$$

$$(100) : (3.1.50) = \begin{matrix} \text{(misur.)} \ 57°.7' \\ \text{(calcol.)} \ 57°.1' \end{matrix} \Big\} d = + 6'.$$

Quantunque nella titanite non siano eccessivamente rare le forme a simbolo complesso, e per quanto questa sembri sufficientemente determinata da misure piuttosto buone, concordanti con i risultati del calcolo; pure ritengo che essa abbia bisogno di ulteriore conferma, sia perchè giace in una sola zona nota, sia perchè, malgrado numerose misure istituite, fu osservata solamente in un cristallo, e con una sola faccia per giunta.

(1) Per tali simboli si ha: angolo (100) : ($\bar{3}$48) = (misur.) 85°.38', (calcol.) 85°.41'.
» (100) : ($\bar{3}$.12.8) = » 87°.3' » 87°.7'.

(2) Tutti gli angoli riportati in questo lavoro per la titanite furono calcolati in base alle costanti di Des Cloizeaux, quali sono date nei trattati di C. Hintze ed E. Dana.

La $y''\{\bar{1}.1.20\{$ fu trovata dal Busz in due cristalli della titanite di Kriegalp nel Binnenthal (1), con facce non nettamente limitate, ma confondentisi nel contorno, in modo da formare un arrotondamento degli spigoli della faccia-limite (001); per cui queste faccette davano dei riflessi indecisi, tali da far ritenere le misure quali molto approssimate. Perciò lo stesso Busz — come riferisce Goldschmidt (2) — in una comunicazione epistolare, considerava questa forma come insufficientemente accertata, fino a nuova conferma; e come dubbia, difatti, la riportano Hintze (3) e Dana (4) nei loro classici trattati.

Io l'ho trovata nel geminato cruciforme, che presenta la più ricca combinazione, rappresentata da una sola faccetta, la quale si mostra come una sottile lista lucente nella zona $[001 : \bar{1}11]$ e riflette un'immagine a mediocre splendore, con contorni piuttosto sfumati, ma semplice, e tale da dare una misura attendibile.

Ho misurato:

$$(001) : (\bar{1}.1.20) = \begin{matrix} \text{(misur.)} & 3°.44' \\ \text{(calcol.)} & 3°.37'\,1/2 \end{matrix} \Big\} d = +\,6'\,1/2\,.$$

Come si vede, esperimento e calcolo vanno abbastanza di accordo, e credo che questa forma, oramai confermata, possa annoverarsi fra le accertate.

$x\{102\{$ è, come ho detto avanti, la forma largamente prevalente nei cristalli semplici, mentre nei geminati ordinariamente si presenta con variabile sviluppo.

Ho già accennato che molto spesso questa forma diventa subordinata e viene sostituita da facce vicinali molto estese, generalmente prevalenti sulle altre, rispondenti a simboli complessi. Parecchie di queste facce corrispondono al simbolo generale $\{hkl\{$; e di queste, alcune si scostano di poco dalla posizione della faccia-limite, determinandovi una spiccata poliedria; altre sono ancora più inclinate, ma non per tutte mi è stato possibile calcolarne il simbolo, perchè alcune si mostrano sempre damascate, o profondamente striate, o curve in un senso molto vicino a quello della zona [010], e riflettono perciò immagini multiple, generalmente splendenti ed a bordi uniti, per cui non potei istituire delle misure accettabili. Altre di queste facce, però, pel loro aspetto fisico, si scostano sensibilmente dalle citate: si presentano piuttosto piane, alquanto nette e lucenti, e riflettono immagini d'ordinario abbastanza splendenti, a contorni più o meno definiti, ma sempre tali da dare misure attendibili, per cui si potè constatare la presenza della $x'\{5.0.11\{$, e si poterono inoltre calcolare i simboli $x''\{6.0.13\{$ e $A\{317\{$, rispondenti a forme nuove per la titanite.

$x'\{5.0.11\{$ trovata, come ho detto, dal Repossi nella titanite di S. Fedelino (lago di Como), si presenta raramente nei geminati, piuttosto frequentemente invece nei cristalli semplici, dove mostrasi sempre con una sola faccia largamente prevalente sulle altre.

(1) loc. cit., pp. 359 a 361.
(2) *Index der Krystallformen der Mineralien.* Berlin, 1891, III, 220.
(3) loc. cit., pag. 1610.
(4) *A System of Mineralogy*, New York, 1892, pag. 712.

Ho misurato:

$$(001) : (5.0.11) = 19°.32' ;\ 19°.40' ;\ 19°.41'$$
$$\text{Media } 19°.37' \,{}^{3}/_{4} \quad \text{Calc. } 19°.36 \quad \Big\} d = +1' \,{}^{3}/_{4}$$
$$(100) : (5.0.11) = 40°.45' ;\ 40°.44' ;\ 40°.37' ;\ 40°.45' ;\ 40°.37' ;\ 40°.52' ;\ 40°.50'$$
$$\text{Media } 40°.44' \,{}^{1}/_{2} \quad \text{Calc. } 40°.41' \quad \Big\} d = +3' \,{}^{1}/_{2} .$$

$x''\{6.0.13\}$, al contrario della precedente, si presenta assai raramente nei cristalli semplici, e con le stesse modalità di questa; mostrasi invece di frequente nei geminati, con tutte e due le facce sufficientemente estese, ma quasi mai prevalenti. Invero, le inclinazioni di queste facce con le adiacenti sono molto vicine alle corrispondenti della $x'\{5.0.11\}$, ed al certo la differenza dei valori angolari generati da questi due pinacoidi con le altre forme, non è tale da consigliare la istituzione di una forma nuova, specialmente ove si pensi che per queste forme vicinali, basta solo la differenza di pochi minuti primi, per fare variare di molto i simboli corrispondenti. Ciò non ostante, ho creduto non del tutto superfluo determinare e riferire questo nuovo simbolo, sia pel fatto che queste facce si presentano di preferenza nei geminati, sia perchè esse formano spigoli con valori angolari rigorosamente concordanti non solo fra loro, ma anche con i corrispondenti angoli teorici, sia perchè detti valori, per quanto poco sensibilmente, si staccano in blocco dai corrispondenti della $\{5.0.11\}$ come può rilevarsi dalle seguenti misure:

$$(001) : (6.0.13) = 19°.46' ;\ 19°.46' ;\ 19°.49'$$
$$\text{Media } 19°.47' \quad \text{Calc. } 19°.49' \quad \Big\} d = -2'$$
$$(100) : (6.0.13) = 40°.25' ;\ 40°.28' ;\ 40°.27' ;\ 40°.28'$$
$$\text{Media } 40°.27' \quad \text{Calc. } 40°.27' \,{}^{3}/_{4} \quad \Big\} d = -0' \,{}^{3}/_{4} .$$

Malgrado nelle osservazioni da me fatte per queste due forme i dati delle misure, abbastanza attendibili, differiscano di poco dai risultati del calcolo, e quantunque la $x'\{5.0.11\}$ sia stata di già determinata in cristalli di altra località, pure io inclinerei a ritenere le forme $x'\{5.0.11\}$ e $x''\{6.0.13\}$ come accidentali, generate da un certo carattere di instabilità della $x\{102\}$. Difatti, vicinale alla $x\{102\}$ si era anche trovata, come probabile, la $\{5.0.12\}$ i cui valori angolari differiscono di poco dai corrispondenti della $x'\{5.0.11\}$ (1). Nel citare questa forma Des Cloizeaux, che la determinò, dice: « o^2 est fréquemment arrondie, et la mesure de ses incidences semble indiquer qu'il existe sur quelques variétés une autre face $o\,{}^{5}/_{2}$ ou $o\,{}^{12}/_{5} = \{5.0.12\} \ldots$ ». Questa irregolarità delle facce della $x\{102\}$ è notata sovente dai varî autori. Il Repossi (2)

(1) Dal calcolo si ha:

angolo $(001) : (5.0.12) = 18°.22'$
» $(100) : (5.0.12) = 41°.55'$.

(2) loc. cit.

la mette in rilievo quando determina il simbolo {5.0.11}, ed io stesso l'ho constatata nei cristalli da me osservati. Ora a me pare sia evidente, che, istituendo numerose misure su questa faccia, sia facile trovarne delle concordanti, le quali invoglino a creare nuove forme.

A {317} si trova nella zona [001:310] e dista di 1° circa dalla zona [102:021]; frequente nei cristalli semplici, rara nei geminati, è la forma più interessante da me trovata, sia perchè nuova per il minerale, sia perchè, sostituendo totalmente o parzialmente una sola faccia di {102}, conferisce ai cristalli quell'aspetto *domatico* a cui avanti ho accennato.

Essa, nei cristalli semplici, presentasi sempre con una sola faccia ben limitata, contornata da spigoli piuttosto vivi, e mostrasi ora prevalente sulle altre, ora no, ma sempre tale da rilevarsi a prima vista, ad occhio nudo, o a debolissimo ingrandimento, anche quando accompagnandosi ad essa la {102}, ne riduce sensibilmente le dimensioni:

Ho misurato:

$$(001):(317) = 19°.46';\ 19°.10';\ 19°.2';\ 19°.42'$$
$$\left.\begin{matrix}\text{Media } 19°.25' \\ \text{Calc. } 19°.18'\end{matrix}\right\} d = +7'$$

$$(100):(317) = 41°.45';\ 41°.17';\ 41°.32';\ 41°.40';\ 41°.19'$$
$$\left.\begin{matrix}\text{Media } 41°.30'\,{}^1/_2 \\ \text{Calc. } 41°.44\end{matrix}\right\} d = -13'\,{}^1/_2$$

$$(102):(317) = 5°.11';\ 5°.4';\ 5°$$
$$\left.\begin{matrix}\text{Media } 5°.5' \\ \text{Calc. } 5°.8'\end{matrix}\right\} d = -3'$$

$$(11\bar{1}):(317) = \left.\begin{matrix}\text{(misur.) } 21°.28' \\ \text{(calc.) } = 21°.38'\end{matrix}\right\} d = -10'$$

$$(021):(317) = 53°.18';\ 53°.19';\ 53°.33';\ 53°.32'$$
$$\left.\begin{matrix}\text{Media } 53°.25'\,{}^1/_2 \\ \text{Calc. } 53°.32'\end{matrix}\right\} d = -6'\,{}^1/_2.$$

Come si vede, la frequenza di questa forma, e l'attendibilità delle misure è tale, da renderla sufficientemente accertata.

l {$\bar{1}$12} si è trovata in tutti i cristalli: le sue faccie delle volte non si presentano tutte, e si mostrano sempre subordinate alle altre nei cristalli semplici, variamente e discretamente estese nei geminati; sempre però si mostrano abbastanza lucenti e riflettono generalmente immagini semplici, più o meno brillanti, a contorni variamente definiti.

n {111} è stata osservata in quasi tutti i cristalli, con facce abbastanza estese, piane, molto liscie e lucenti, per cui riflettono costantemente immagini semplici, molto brillanti ed a contorni netti.

$s\{021\}$ si rinviene in quasi tutti i cristalli, con facce discretamente sviluppate e spesso inegualmente estese anche negli stessi individui. Queste facce, generalmente piane e lucenti, riflettono immagini semplici, a contorni netti, con splendore ora vivo, ora assai debole.

$M\{\bar{1}32\}$ si è osservata solo nei geminati, dove mostrasi abbastanza frequente, con facce ora piccole ora alquanto estese, le quali riflettono immagini per lo più semplici, ma poco splendenti ed a bordi generalmente indefiniti.

$m\{110\}$ non è rara nei nostri cristalli, però presentasi, generalmente, con una sola faccetta e tanto esigua da non riflettere immagine apprezzabile. Ne ho determinato il simbolo fondandomi per la misura sul massimo splendore riflesso dalle faccette a lente abbassata, e tenendo conto delle zone in cui queste faccette si trovano.

$o\{310\}$ si è rinvenuta solamente in alcuni geminati, sempre con una sola faccetta molto esigua, ma abbastanza piana, lucente e limitata da spigoli vivi. Ordinariamente queste faccette al goniometro, a lente abbassata anche a forte ingrandimento, si presentano come punti brillanti e riflettono immagini semplici, ma costantemente a splendore assai debole.

$w\{\bar{2}21\}$ — forma poco frequente della specie — anche in questi cristalli si è trovata assai di rado, insieme a $t\{\bar{1}11\}$, e solo nei geminati che mostrano la più ricca combinazione. Queste forme si presentano ciascuna con una sola faccetta, e tanto esili, che a lente abbassata si mostrano come sottilissime liste brillanti, non riflettenti immagini per la loro esiguità. I simboli sono stati determinati con lo stesso metodo seguìto per le faccette della $m\{110\}$.

$z\{112\}$, che è una delle forme abbastanza rara della specie, è stata da me osservata una sola volta nel geminato polisintetico, dove si mostra con una sola facceta, esilissima e poco lucente, tanto da non riflettere immagine di sorta. Anche per questa faccetta se ne è detratto il simbolo tenendo conto del massimo splendore riflesso dalla faccetta a lente abbassata, e facendo molte letture a diverse riprese.

* * *

Dagli angoli:

$$(100):(001) = 60°.16'\,{}^1/_2\ ;\ (100):(111) = 35°.2'\,{}^1/_2\ ;\ (001):(111) = 38°.19'$$

risultarono le costanti:

$$a : b : c = 0{,}75502 : 1 : 0{,}85658$$
$$\beta = 60°.16'\,{}^1/_2$$

che si avvicinano di molto a quelle di Des Cloizeaux: [1]

$$a : b : c = 0{,}75467 : 1 : 0{,}85429$$
$$\beta = 60°.17'$$

secondo le quali furono calcolati gli angoli della seguente tabella, da cui si rileva il confronto fra i dati dell'osservazione ed i risultati del calcolo, e solo per quegli angoli le cui misure risultarono attendibili, trascurando quelle che, per la esiguità o per l'aspetto scadente delle facce, non diedero immagini tali da doverne tener conto.

[1] Loc. cit., pag. 145.

ANGOLI	N. osservazioni	MISURE		Angoli calcolati	Differenze esp. — calc.
		Limiti	Medie		
$c:a = (001):(100)$	4	60°15′ — 60°30′	60°16′ 1/2	60°17′	— 0′ 1/2
$c:x = (001):(102)$	4	20.48 — 21.17	20.57	21.—	— 3
$c:x' = (001):(5.0.11)$	3	19.32 — 19.41	19.37 3/4	19.36	+ 1 3/4
$c:x'' = (001):(6.0.13)$	3	19.46 — 19.49	19.47	19.49	— 2
$a:x = (100):(102)$	6	39.15 — 39.30	39.22	39.17	+ 5
$a:x' = (100):(5.0.11)$	7	40.37 — 40.52	40.44 1/2	40.41	+ 3 1/4
$a:x'' = (100):(6.0.13)$	4	40.25 — 40.28	40.27	40.27 3/4	— 0 3/4
$c:n = (001):(111)$	2	38.12 — 38.26	38.19	38.16	+ 3
$c:l = (001):(\bar{1}12)$	4	40.34 — 40.35	40.34 1/2	40.34	+ 0 1/2
$c:y'' = (001):(\bar{1}.1.20)$	1	—	3.44	3.37 1/2	+ 6 1/2
$c:c' = (001):(3.1.50)$	1	—	3.30	3.22	+ 8
$c:A = (001).(317)$	4	19.2 — 19.46	19.25	19.18	+ 7
$c:o = (001):(310)$	1	—	51.7	51.2	+ 5
$c:s = (001):(021)$	5	55.38 — 56.2	55.51	56.1	— 10
$s:s = (021):(02\bar{1})$	4	67.54 — 67.58	67.56	67.58	— 2
$a:o = (100):(310)$	3	12.8 — 12.25	12.15	12.19	— 4
$a:n = (100):(111)$	13	34.51 — 35.9	34.59	35.4	— 5
$a:s = (100):(021)$	9	73.33 — 73.58	73.47	73.55	— 8
$a:l = (100):(11\bar{2})$	14	85.33 — 86.3	85.45	85.45	—
$a:M = (100):(132)$	5	86.36 — 87.30	87.2	87.9	— 7
$a:c' = (100):(3.1.50)$	1	—	57.7	57.1	+ 6
$a:A = (100):(3.1.7)$	5	41.17 — 41.45	41.30 1/2	41.44	— 13 1/2
$A:x = (317):(102)$	3	5.00 — 5.11	5.5	5.8	— 3
$A:n = (317):(111)$	1	—	21.28	21.38	— 10
$A:s = (317):(021)$	4	53.18 — 53.33	53.25 1/2	53.32	— 6 1/2
$s:n = (021):(111)$	8	41.25 — 41.43	41.37 3/4	41 34	+ 3 3/4
$n:x = (111):(102)$	2	24.6 — 24.21	24.13 1/2	24.29	— 15 1/2
$x:s = (102):(021)$	4	58.14 — 58.28	58.21	58.33	— 12
$s:M = (021):(\bar{1}32)$	2	20.21 — 20.26	20.23 1/2	20.23	+ 0 1/2
$l:s = (\bar{1}12):(0\bar{2}1)$	3	84.10 — 84.20	84.14	84.16 3/4	— 2 3/4
Geminati secondo (100)					
$s:\underline{s} = (021):(\underline{0\bar{2}1})$	5	31.52 — 32.17	32.5	32.10	— 5
$M:\underline{M} = (\bar{1}32):(\underline{1\bar{3}2})$	1	—	5.40	5.42	— 2
$n:\underline{n} = (111):(\underline{\bar{1}\bar{1}1})$	2	109.48 — 109.55	109 51 1/2	109.52	— 0 1/2
$l:\underline{l} = (\bar{1}12):(\underline{1\bar{1}2})$	4	8.33 — 8.48	8.40	8.30	+ 10
$x'':\underline{x''} = (6.0.13):(\underline{\bar{6}.0.\bar{1}\bar{3}})$	2	98.58 — 99 14	99.6	99.5	+ 1
$c:\underline{c} = (001):(\underline{00\bar{1}})$	3	58 54 — 59.58	59.22	59.26	— 4
$l:\underline{M} = (\bar{1}12):(\underline{1\bar{3}2})$	2	29.49 — 29 57	29.53	29.45	+ 8

Le forme note ed accertate della titanite, con queste da me constatate nei cristalli di Val-Giuf, risultano 81.

Infatti: detraendo dalle 78 forme notate dal Dana nel suo trattato e nelle due appendici che ad esso fanno sèguito, le 4 forme dubbie:

$T\{5.0.12\}$ di Des Cloizeaux per la Greenovite (1)
$\lambda\{7.15.35\}$ di Hessenberg per la titanite di Zillerthal (2)
$G\{\bar{9}43\}$ di Busz " " Eisbruckalp (3)
$l_3\{\bar{4}65\}$ " " " Binnenthal (4)

il numero delle forme accertate, fino al 1909, restava 74

A queste sono da aggiungersi:

$$\{183\}\ ,\ \{21\bar{1}\}\ ,\ \{\bar{2}75\}\ ,\ \{\bar{5}.6.11\}\ ,\ \{31\bar{4}\}$$

trovate posteriormente da Seitzer nella titanite di Rauris (5)

$$A\{317\}$$

constatata ora da me

$$y''\{\bar{1}.1.20\}$$

osservata per la prima volta, e ritenuta probabile, da Busz nella titanite di Kriegalp nel Binnenthal, ora da me confermata.

Invece il numero complessivo delle forme dubbie resta inalterato, perchè la $y''\{\bar{1}.1.20\}$, che passa fra le forme accertate, viene sostituita dalla $c'\{3.1.50\}$, da me trovata e considerata solo come probabile fino a nuova conferma.

In un bel cristallino, alquanto limpido e trasparente, e perciò particolarmente adatto, ho misurato l'angolo apparente degli assi ottici nell'aria, con le luci del litio, del sodio e del tallio, attraverso la faccia (317) e la $(\bar{6}.0.\bar{1}\bar{3})$. Queste due facce, non sono, a vero dire, rigorosamente parallele, ma l'angolo che esse formano fra loro differisce soltanto di 4°, 45′ da 180°; differenza relativamente abbastanza piccola, tanto da non influire in modo molto notevole sui risultati ottenuti, che sono i seguenti:

	Li	Na	Tl
2E =	62°. 44′	59°. 30′	57° 41′

Questi risultati sono abbastanza interessanti. Infatti, la nostra titanite, per la sua giacitura, il suo colore, ecc., appartiene a quei tipi di titanite alpina, che, come quella dello Schwarzenstein, dell'Eisbruckalp, del Gottardo ecc., corrispondono quasi

(1) loc. cit, pag. 149.
(2) loc. cit., 1864, *5*, 260; 1872, *8*, 434.
(3) loc. cit, pag. 354.
(4) loc. cit., pag. 366.
(5) *Zeitsch. f. Kryst. u. Miner.*, 1910, XLVII, 331. (I surriferiti simboli corrispondono alla orientazione di Naumann seguìta dall'Autore; trasformati nei corrispondenti della orientazione di Des Cloizeaux, da me adottata, risultano: $\{\bar{2}41\}$, $\{\bar{1}14\}$, $\{374\}$, $\{335\}$, $\{116\}$).

esattamente alla formula $CaTiSiO_5$, e non contengono che quantità assai piccole di ferro, di alluminio ecc.: per molte di esse, anzi, le analisi non indicano nemmeno la presenza di questi elementi (1). Perciò, per l'angolo apparente degli assi ottici, nella nostra titanite, sarebbe stato logico lo aspettarci dei valori prossimi a quelli ottenuti nelle altre titaniti alpine simili alla nostra. Dalle ricerche di Busz risulta, invece, che queste titaniti hanno dato per 2 E valori inferiori a quelli da me trovati nella titanite di Val Giuf (2), soltanto per i cristalli rossicci dei micascisti della Val Maggia si hanno valori più elevati (3). La titanite di Val Giuf si avvicina molto, per quel che riguarda 2 E, a quella bruna di Monroe, nella quale Busz ha trovato (4):

	Li	Na	Tl
2 E =	63°. 51 $^2/_3'$	60°. 13 $^1/_2'$	56°. 28 $^2/_3'$

Ora la titanite di Monroe contiene, sempre secondo Busz, ben 7.84 % Fe_2O_3 e 2.61 % Al_2O_3 (5), mentre in quella di Val Giuf questi elementi sono sicuramente presenti soltanto in piccolissime quantità. Queste osservazioni confermano perfettamente le considerazioni esposte da Zambonini (6) per sostenere la completa mancanza, nella titanite, di una relazione semplice fra la composizione chimica e l'angolo 2 E.

Anche per la dispersione dell'angolo degli assi ottici apparente si verifica lo stesso fatto: analogia con la titanite di Monroe chimicamente differente, e differenza cospicua rispetto alle titaniti alpine affini. Infatti, in queste ultime — come in genere nelle titaniti povere o prive di sesquiossidi — la differenza $2E_{Li} - 2E_{Tl}$ varia fra gli 8° e gli 11°, ed è di solito circa 10°: orbene nella titanite di Val Giuf si ha $2E_{Li} - 2E_{Tl} = 5°.3'$, ed in quella di Monroe 7°. 23'.

Nella ittrotitanite di Buö, che ha valori molto alti per 2 E, la dispersione ha, presso a poco, la stessa intensità che nella nostra: $2E_{Li} - 2E_{Tl} = 5°.54'$.

* * *

L'APATITE si presenta in minutissimi cristallini isolati e sparsi a larghi intervalli sulla superficie della roccia, sulla quale questi cristalli si trovano generalmente impiantati per alcune delle facce laterali, e si mostrano sempre limpidissimi, incolori e trasparenti.

Malgrado lo scarso materiale di cui ho potuto disporre e la grande ricchezza di osservazioni già fatte su questa specie; quantunque della apatite di Val Giuf abbia

(1) Hintze, loc. cit,, pag. 1638.

(2) Busz dà i seguenti valori:

		Li	Na	Tl
Schwarzenstein . . .	2 E =	51°. 3′	45°. 40 $^2/_3'$	39°. 52 $^2/_3'$
Eisbruckalp	»	54. 52	50. 21	45. 26 $^1/_2$
St. Gottardo	»	57. 20 $^1/_2$	52. 29 $^2/_3$	47. 54 $^2/_3$

(3) Hintze, loc. cit., pag. 1613.

(4) Hintze, loc. cit., pag. 1613.

(5) Hintze, loc. cit., pag. 1639.

(6) *Ueber die Drusenmineralien des Syenits der Gegend von Biella* (Zeitsch. f. Kryst. u. Miner., 1904, XL, 248).

già detta qualche cosa vom Rath, trattando di quella del S. Gottardo (1); pure ho creduto opportuno studiare questi cristalli, sia perchè provengono da un nuovo giacicimento — ed è ormai noto che i cristalli di questo minerale offrono fra loro molti divarii, secondo le località da cui provengono; divarii che hanno assai spesso richiamata l'attenzione dei mineralogisti — sia per l'aspetto speciale offerto da alcuni individui, sia ancora per il rapporto di sviluppo notato fra le forme laterali, che costituisce una rarità per i cristalli della Svizzera.

Le dimensioni di questi individui si aggirano d'ordinario intorno al mezzo millimetro, e solo eccezionalmente, in un solo cristallo, si nota uno sviluppo di circa mm. 2 secondo il maggior diametro, con una grossezza di circa $^1/_2$ mm. nel senso dell'asse principale:

Morfologicamente considerati si distinguono due tipi:

1° cristalli tabulari per forte predominio della base (vedi fig. 8) — *habitus* già osservato e riferito da vom Rath per i campioni di questa località da lui determinati (2).

2° cristalli alquanto appiattiti secondo [0001], con aspetto prismatico-piramidale, e con spiccato carattere di apparente emimorfia, generata dal prevalente sviluppo delle facce della $r\{10\bar{1}2\}$ solo da una delle estremità dell'asse principale (vedi fig. 9). A questo tipo vom Rath non accenna affatto. Anzi, lo stesso Autore, non fa nemmeno menzione della $r\{10\bar{1}2\}$ tra le forme da lui osservate, e per di più scriveva (3) che il predominio della $r\{10\bar{1}2\}$ nell'apatite svizzera è tanto raro che egli — che pur cristalli ne aveva visti già tanti — ricordava di averlo osservato solo nei cristalli di Cavorgia mostratigli da Wieser e da costui già descritti (4).

È da notare tuttavia che, a prescindere dall'apparente emimorfia, nei cristalli da me osservati il predominio della $r\{10\bar{1}2\}$ non è così spiccato come in quelli di Cavorgia (5), ma i cristalli di Val Giuf, per l'aspetto, la combinazione e sviluppo reciproco delle varie forme, costituiscono un tipo direi quasi di passaggio fra i cristalli di Pisek, con predominio della $r\{10\bar{1}2\}$, descritti da Vrba (6) e quelli di Alexander Co. N. C. il cui *habitus* è riprodotto anche dal Dana nel suo trattato (7). Fra il primo ed il secondo tipo dei cristalli da me osservati esistono passaggi graduali.

Nei cristalli esaminati, raramente sono presenti tutte le facce equivalenti delle forme laterali, e quelle che si mostrano, d'ordinario hanno aspetto fisico e sviluppo variabile anche nello stesso individuo, talchè si resta in certo modo perplessi nel citare il rapporto di sviluppo. Tuttavia, in linea generale, si può dire che nei cristalli del primo tipo fra queste forme laterali prevale moderatamente il prisma diretto di 1ª specie $m\{10\bar{1}0\}$; mentre in quelli del secondo tipo l'estensione di queste facce è solo sorpassata da quella delle facce della parte positiva della bipiramide $r\{10\bar{1}2\}$.

(1) *Geognostich-Mineralogische Beobachtungen im Quellgebiete des Rheins* (Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft, 1862, *14*, 427).

(2) Loc. cit.

(3) Loc. cit., pag. 426.

(4) *Jahrbuch*, 1861.

(5) *Zeitschr. d. deutsch. Geol. Gesell.*, 1862, *14*, taf. II *bis*, fig. 6.

(6) *Mineralogische Notizen V* (Zeitsch. f. Kryst. u. Miner., 1889, XV, 468, taf. IX, fig. 19).

(7) Loc. cit., pag. 763, fig. 6; pag. 764, fig. 9 (Am. J. Sc., 1887, *33*, 503).

Vom Rath invece nei cristalli da lui determinati, oltre alla prevalenza di $c\{0001\}$, trovò quella di $s\{11\bar{2}1\}$, il che in generale non ho osservato nei cristalli esaminati.

Le facce, d'ordinario liscie, pianeggianti e lucenti, riflettono immagini semplici, più o meno brillanti, a contorni variamente definiti; tuttavia non mancano di quelle che dànno immagini doppie od in serie, per diedria o striatura, nè di quelle che riflettono appena un barlume, per estrema sottigliezza o scabrosità.

Nei cristalli osservati ho trovato unica combinazione delle forme:

$c\{0001\}$
$m\{10\bar{1}0\}$ $a\{11\bar{2}0\}$
$r\{10\bar{1}2\}$* $x\{10\bar{1}1\}$ $y\{20\bar{2}1\}$.
$v\{11\bar{2}2\}$* $s\{11\bar{2}1\}$
$\mu\{21\bar{3}1\}$

Tutte queste forme sono già note per la specie; quelle segnate con asterisco non furono notate da vom Rath nei cristalli da lui determinati, mentre io non ho mai trovato $n\{31\bar{4}1\}$, osservata da questo Autore.

Base $c\{0001\}$. Si presenta generalmente con facce a sviluppo variabile nei cristalli del primo tipo, marcatamente ineguale in quelli del secondo. Queste facce sono sempre molto liscie, piane e lucenti, per cui riflettono immagini brillanti e nitidissime; però nei cristalli del secondo tipo mostrano talvolta netta diedria nel senso della zona $[0001 : 10\bar{1}0]$ e le faccette che ne risultano, presentano alla loro volta immagini altrettanto nitide, la cui distanza varia da un quarto a mezzo grado circa.

Prisma diretto di 1ª specie $m\{10\bar{1}0\}$. Facce della forma ordinariamente tutte presenti, con moderata prevalenza su tutte le altre laterali nei cristalli del primo tipo, dove presentano variabilissimo rapporto dimensionale anche nello stesso individuo; superate in ampiezza solo dalle facce positive della $r\{10\bar{1}2\}$ nei cristalli del secondo tipo, in cui la variabilità dell'estensione è meno sensibile. In generale piane e lucenti, queste facce riflettono immagini semplici, abbastanza brillanti, a contorni piuttosto decisi.

Prisma inverso di 2ª specie $a\{11\bar{2}0\}$. Raramente le facce di questa forma si presentano tutte, e, in ogni caso, hanno rapporto dimensionale molto variabile in tutti i cristalli, passando dalle facce mediocremente estese a quelle tanto sottili da non riflettere immagine per la propria esilità. Ordinariamente appannate, le facce in parola si mostrano sempre poco lucenti, e solo eccezionalmente riflettono qualche immagine semplice, ma a debole splendore e spesso deformata.

Bipiramide di 1ª specie $r\{10\bar{1}2\}$. Le facce, d'ordinario tutte presenti, sono variamente sviluppate e sempre poco estese nei cristalli tabulari: in quelli del secondo tipo invece si mostrano prevalenti su tutte le altre, e sempre con diverso rapporto dimensionale in una estremità dell'asse principale, generalmente subordinate verso l'altra estremità. Delle volte pianeggianti, spesso striate, raramente spezzate nel senso della zona $[0001 : 10\bar{1}0]$ con angolo di $0°.25'$ circa, queste facce si presentano mediocremente lucenti e riflettono immagini semplici, o in serie a bordi uniti, o doppie, sempre a debole splendore e sfumate ai bordi.

Ho misurato:

$c(0001) : r(10\bar{1}2) = 22°.46'; 23°.1'; 22°.59'; 22°.59'; 23°.11'; 22°.55'; 23°.1'; 23°.8';$
$23°.1'; 22°.56'; 22°.59'; 22°.59'; 23°.00$
Media $22°.59' \, ^1/_2$
Calc. $22°.59'$ $\Big\} d = 0' \, ^1/_2$

$r(10\bar{1}2) : r'(01\bar{1}2) = 22°.23'; 22°.40'; 22°.35'; 22°.20'$
Media $22°.29'$
Calc. $22°.31'$ $\Big\} d = -2'.$

Bipiramide di 1ª specie $x\{10\bar{1}1\}$. Facce omologhe raramente tutte presenti, si mostrano con sviluppo alquanto variabile anche nello stesso individuo: generalmente prevalenti fra quelle delle bipiramidi di 1ª specie dei cristalli tabulari, sieguono per estensione solo la parte positiva della $r\{10\bar{1}2\}$ in quelli del secondo tipo. Ordinariamente piane, presentano raramente fini striature, e delle volte diedria, nel senso della zona $[0001 : 10\bar{1}0]$, con angolo che si aggira intorno al quarto di grado; mediocremente lucenti riflettono immagini alquanto brillanti, ora semplici, ora in serie, ora doppie, con bordi indefiniti.

Bipiramide di 1ª specie $y\{20\bar{2}1\}$. Ordinariamente si mostra solo con poche facce, e queste così inegualmente estese nei cristalli tabulari, che, mentre qualcuna assume sviluppo prevalente sulle altre laterali, la maggior parte si presentano a queste subordinate, altre ancora tanto sottili che al goniometro si mostrano come strettissime liste brillanti non riflettenti immagini per la loro esiguità. Nei cristalli del secondo tipo questo rapporto dimensionale varia meno sensibilmente. Quando le facce sono sufficientemente estese, si mostrano liscie, piane e lucenti, e riflettono immagini semplici, abbastanza splendenti, con contorni mediocremente definiti. Per le altre, la bontà dell'aspetto fisico, e quindi anche dei riflessi, è in rapporto diretto con la estensione.

Bipiramide di 2ª specie $v\{11\bar{2}2\}$. Si presentano solo alcune facce ora pochissimo, ora mediocremente estese, tanto nei cristalli del primo che in quelli del secondo tipo. Quasi sempre scabre, si mostrano poco lucenti e non riflettono che un debole bagliore a cui mi sono riferito per determinare il simbolo, il quale d'altra parte è stato confermato dal controllo delle zone in cui giacciono queste facce.

Ho misurato, tenendo solo conto dei migliori risultati:

$c(0001) : v(11\bar{2}2) = 35°.36'; 36°.1'; 36°.20'; 36°.30'; 35°.52'$
Media $36°.40'$
Calc. $36°.18'$ $\Big\} d = +22'$

$x(10\bar{1}1) : v(11\bar{2}2) = 18°.20'; 18°.42'; 19°.15'$
Media $18°.46'$
Calc. $18°.52'$ $\Big\} d = -6'$

Bipiramide di 2ª specie $s\{11\bar{2}1\}$. Le facce della forma d'ordinario sono tutte presenti e, salvo rarissime eccezioni, si mostrano alquanto estese con rapporto

dimensionale poco variabile. Piuttosto pianeggianti, ma alquanto corrose, sono poco lucenti e riflettono immagini generalmente semplici, alquanto chiare, a bordi sfumati.

Bipiramide di 3ª specie $\mu\{21\bar{3}1\}$. Si mostrano solo alcune faccette sempre subordinate a tutte quelle delle altre forme, e generalmente tanto piccole che al goniometro si mostrano come punti brillanti, non riflettenti immagini per la loro esiguità; alcune poche più estese sono alquanto lucenti e riflettono immagini semplici, ma sbiaditissime ed a bordi diffusi.

Dall'angolo $c(0001) : x(10\bar{1}1) = 40°.17'\,1/2$ misurato buon numero di volte, con soddisfacenti risultati, si ottenne la costante:

$$a : c = 1 : 0{,}7342$$

abbastanza prossima a quella determinata da Kokscharow per l'apatite del S. Gottardo e di altre località [1]:

$$a : c = 1 : 0{,}73460$$

secondo cui furono calcolati gli angoli del seguente quadro, in cui sono messi in confronto con i risultati del calcolo le misure più caratteristiche che servirono per l'identificazione delle varie forme, ed in cui le inclinazioni delle facce sono principalmente riferite alla base, come quella che dà i migliori riflessi.

ANGOLI	N. osservazioni	MISURE — Limiti	MISURE — Medie	Angoli calcolati	Differenze esp. — calc.
$c : m = (0001) : (10\bar{1}0)$	7	88°.57′ — 90°.4′	90°.—	90°.—	—
$c : y = (0001) : (20\bar{2}1)$	4	59 17 — 59.29	59.25	59.29′	— 4′
$c : x = (0001) : (10\bar{1}1)$	10	40.9 — 40.25	40.17 1/2	40.18 1/2	— 1
$c : r = (0001) : (10\bar{1}2)$	13	22.46 — 23.11	22.59 1/2	22 59	+ 0 1/2
$c : a = (0001) : (11\bar{2}0)$	7	89.58 — 90 12	90.5	90.—	+ 5
$c : s = (0001) : (11\bar{2}1)$	12	55.33 — 55.58	55.42 1/2	55.45 1/2	— 3
$c : v = (0001) : (11\bar{2}2)$	5	35.36 — 36.30	36.40	36.18	+ 22
$c : \mu = (0001) : (21\bar{3}1)$	6	65.50 — 65.57	65.53 1/2	65.59	— 5 1/2
$r : r' = (10\bar{1}2) : (01\bar{1}2)$	4	22.20 — 22.40	22.29	22.31	— 2
$x : x' = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1)$	4	37.36 — 37.48	37.41 1/2	37.44 1/2	— 3
$x : s = (10\bar{1}1) : (11\bar{2}1)$	5	26.43 — 26.56	26.49	26.50 1/2	— 1 1/2
$x : v = (10\bar{1}1) : (11\bar{2}2)$	3	18.20 — 19.15	18.46	18.52	— 6
$y : y' = (20\bar{2}1) : (02\bar{2}1)$	3	50.50 — 51.13	51.3	51.1 1/2	+ 1 1/2
$y : s = (20\bar{2}1) : (11\bar{2}1)$	4	25.23 — 25.38	25.28	25.31	— 3
$s : m = (11\bar{2}1) : (10\bar{1}0)$	3	44.3 — 44.25	44.13	44.17	— 4

* * *

L'ADULARIA ricopre tutta la superficie della roccia, con cristalli quasi interamente incrostati di clorite, ed impiantati generalmente per un estremo dell'asse verticale, e delle volte per alcune delle facce laterali.

[1] *Materialien zur Mineralogie Russland.* St. Petersburg, 1854-1857, II, 50; 1866, V, 88.

Questi cristalli hanno dimensioni variabilissime. Da un minimo di 2 mm. circa, si va ad un massimo di circa un centimetro, raggiunto solo da pochi individui.

Una scelta accurata fra i cristalli più piccoli e migliori, ed una sommaria analisi al goniometro di qualcuno di questi, mise subito in rilievo, che, malgrado l'incrostazione della clorite, se ne potevano intraprendere le misure, non foss'altro per la determinazione delle forme. E difatti la generalità dei cristalli misurati presenta facce pianeggianti, che al goniometro si mostrano ora interrottamente molto lucenti, ora uniformemente alquanto appannate, secondo che la clorite si dispone in strie o a chiazze sulla superficie delle facce in parola, o le ricopre per intero con una sottilissima velatura omogenea. Perciò si osservano dei riflessi variamente brillanti, e più o meno definiti, ma sempre tali da dare, in generale, misure accettabili.

I cristalli sono generalmente molto regolari, poichè le facce omologhe di ciascuna forma sono tutte presenti e si mostrano nella parte libera di questi cristalli con rapporto dimensionale quasi uguale, ad eccezione di $b\{010\}$ che si mostra raramente, e spesso con una sola faccetta molto esigua.

Ho osservato:

$$c\{001\}\ ,\ b\{010\}\ ,\ m\{110\}\ ,\ x\{\bar{1}01\}$$

forme abituali per l'adularia, le quali si mostrano nelle combinazioni:

1ª	$c\{001\}$	—	$m\{110\}$	—
2ª	$c\{001\}$	—	$m\{110\}$	$x\{\bar{1}01\}$
3ª	$c\{001\}$	$b\{010\}$	$m\{110\}$	$x\{\bar{1}01\}$

di cui la prima è più frequente, rara la terza.

Il tipo dei cristalli, che non si scosta molto da quello abituale dell'adularia del Gottardo (vedi fig. 10), è molto costante, ed è caratterizzato dal prevalente sviluppo di $c\{001\}$, seguìto da quello di $m\{110\}$, mentre le altre forme sono sempre subordinate a queste, o non si mostrano affatto.

Nel seguente quadro sono messi in confronto gli angoli misurati a solo scopo di determinare le forme, con quelli calcolati da Des Cloizeaux [1].

ANGOLI	N. osservazioni	MISURE — Limiti	MISURE — Medie	Angoli calcolati	Differenze esp. — calc.
$c : b = (001) : (010)$	3	90°.00′ — 90°.44′	90°.20′	90°.00	+20′
$c : m = (001) : (110)$	9	66.39 — 67.48	67.22	67.44	— 22
$c : x = (001) : (\bar{1}01)$	5	50.8 — 50.47	50.21	50.20	+ 1
$m : m' = (110) : (1\bar{1}0)$	5	60.46 — 61.28	61.13	61.12	+ 1
$m : b = (110) : (010)$	5	59 13 — 60.04	59.36	59.24	+12
$m : x = (110) : (\bar{1}01)$	4	69.15 — 69.50	69.35	69.19	+16

[1] Loc. cit., pag. 327.

Fig. 1.

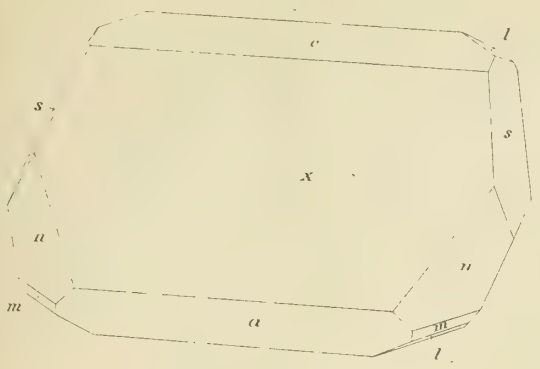


Fig. 2.

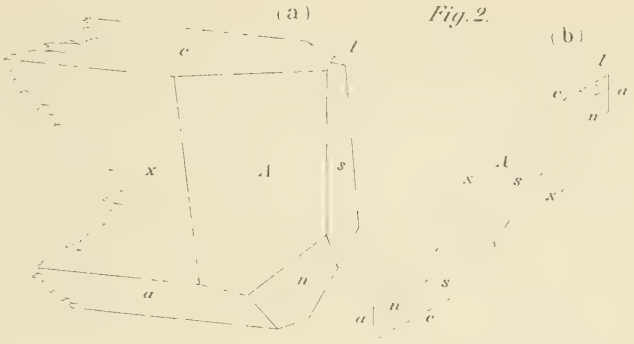


Fig. 3.

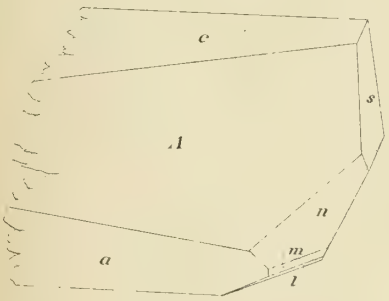


Fig. 4.

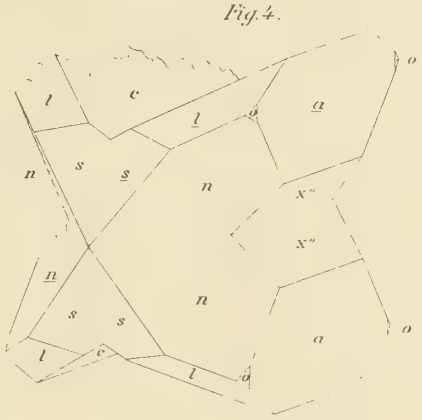


Fig. 5.

Fig. 6.

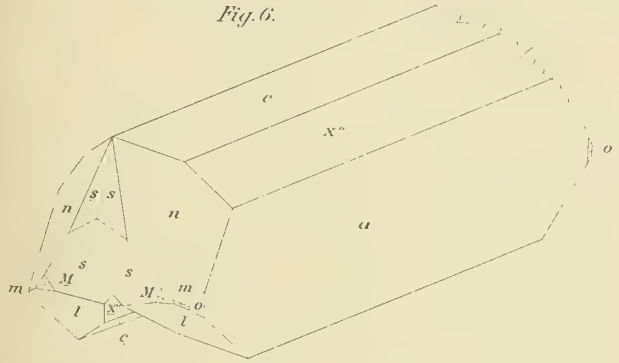


Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

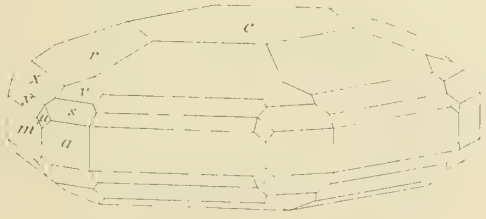
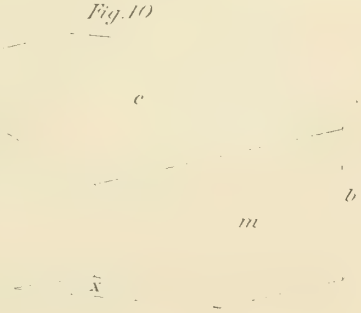


Fig. 10.



RELAZIONE

letta dal Socio G. Cuboni (relatore) a nome anche del Socio A. Menozzi nella seduta del 2 marzo 1913, sulla Memoria del prof. C. Lumia avente per titolo: *Le concimazioni e i microbi del terreno.*

La Memoria del prof. Lumia si allaccia ad un insieme di idee altra volta da lui manifestate. Secondo lui le materie fertilizzanti che si portano nel terreno più che giovare direttamente alle piante coltivate influiscono sullo sviluppo dei microrganismi del terreno, la cui attività può poi tornare di grande aiuto alle piante coltivate. Manca di parte sperimentale. È una serie di considerazioni su fatti noti e su idee, non sempre esposte con assoluto rigore.

Tuttavia, siccome colla Memoria si agita una questione importante per la scienza e per la pratica agraria, ed è da ritenere che promuoverà delle ricerche in proposito, così si dà parere favorevole all'accoglimento della Memoria medesima.

Le concimazioni e i microbi del terreno.
Memoria del prof. C. LUMIA

In una breve Memoria pubblicata nel 1902 (1) feci cenno di una nuova teoria sulla concimazione, i cui concetti fondamentali possono così riassumersi:

Nel terreno agrario vive un grandissimo numero di microrganismi aventi funzioni diverse: alcuni di essi (fissatori dell'azoto, ammonizzanti e nitrificanti) sono utili all'economia del terreno ed alle piante coltivate, mentre altri sono nocivi (denitrificanti). Quale debba essere il còmpito dell'agricoltore a loro riguardo è evidente: promuovere in ogni maniera lo sviluppo dei microbi utili, avversare costantemente la vita di quelli dannosi. Ora è noto, che si aiuta efficacemente lo sviluppo di un organismo apprestandogli copioso e ben adatto alimento, come è del pari noto, che nei liquidi di coltura dei microrganismi terricoli trovansi il fosforo, il solfo, il potassio ed altri elementi minerali, come il calcio, il magnesio, ecc. Dunque, scrivevo nell'accennata Memoria, se i microrganismi specifici del terreno richiedono, per svilupparsi normalmente, che nel liquido di coltura siano presenti il fosforo, il solfo, il potassio ecc., è evidente che l'aggiunta al terreno di questi elementi in forma appropriata debba compiere lo stesso ufficio che i detti materiali hanno nelle culture artificiali. E dicevo, concludendo, che l'agricoltore, con la concimazione minerale e con le altre cure culturali, favorisce inconsapevolmente lo sviluppo dei microrganismi terricoli, ai quali è legata intimamente la vita delle piante da reddito; e che la concimazione non può considerarsi come la soluzione di un semplice problema di statica chimica, ma deve anche considerarsi come pratica microbiologica. Un concetto, come vedesi, molto semplice e parmi anche abbastanza chiaro. Eppure il mio assunto, ignorato, trascurato dai più, accolto benevolmente da alcuni (2) fu da qualche competente inesattamente interpretato (3). Ed ecco come nacque questa inesatta in-

(1) *I concimi fosfatici e potassici esercitano un'azione diretta sulle piante coltivate*? Volume XXXV, fasc. VII, del periodico: Le stazioni sperimentali agrarie italiane.

(2) Fra coloro che manifestarono giudizi benevoli sulla mia tesi piacemi qui ricordare il professore A. Müntz dell'Accademia delle scienze di Francia ed i proff. Vittorio Alpe, Bartolomeo Moreschi, Tito Poggi ed altri. Riassunsero la Memoria i seguenti periodici: Chemiches Central Blatt, II vol. del 1902; Zeitschrift für angewandte Chemie del 3 febbraio 1903; l'Italia agricola di Piacenza n. 19 del 1902 con un articolo del dott. E. Marenghi; il Bollettino tecnico della coltivazione dei tabacchi di Scafati n. 6 del 1902; la Rinascenza agricola di Caltagirone n. 2 del 1911.

(3) L'Agricoltura moderna, diretta dai proff. Alpe e Menozzi, n. 42 del 19 ottobre 1902.

terpretazione. Avendo, con esperienze dirette, constatato che la diffusibilità dell'acido fosforico è limitatissima, *anche in terreni molto sciolti*, come quello col quale operavo; e che essa non è niente affatto in rapporto con lo sviluppo spesso notevole del sistema assorbente delle piante coltivate, sollevai il dubbio che l'azione prima e diretta dei concimi fosfatici, più che sulle piante coltivate potesse esplicarsi sui microbi del terreno (1). Ma non escludevo, come fu ritenuto che un fosfato aggiunto al terreno potesse essere utilizzato direttamente, venendo a trovarsi in immediato contatto con gli organi assorbenti delle piante coltivate. Sarebbe stato infatti assurdo il supporre, che le piante non potessero senza l'intervento della microflora nutrirsi, quando centinaia di esperienze (ad es. quelle di Hellriegel) dimostrano, che moltissime piante possono vegetare in terreni o soluzioni nutritive sterilizzate. Pertanto credetti opportuno di dare alcuni chiarimenti nello stesso giornale sul quale quei dubbî vennero sollevati (2).

Dal 1902 al 1908 non vennero a mia conoscenza dei lavori importanti sulle complesse quistioni che avevo posate con il precitato lavoro; nè vidi accolta, sia pure entro certi limiti, ovvero semplicemente accennata, la mia teoria microbica nei trattati e nei libri scolastici di agronomia, i quali continuarono a sviluppare l'argomento della concimazione dal *solo punto di vista della statica chimica*. Solamente nel marzo 1909 venne pubblicato dal dott. Renato Perotti, libero docente di batteriologia agraria nell'Università romana, un magistrale lavoro sul ciclo biochimico dell'anidride fosforica nel terreno agrario; frutto di tre anni di pazienti ricerche eseguite presso la R. Stazione di Patologia vegetale di Roma con il sapiente ausilio del dirigente la stazione stessa, prof. Giuseppe Cuboni. Di questo lavoro che conferma pienamente la mia tesi integrandola, sarà qui fatto un attento e minuto esame; ma intanto credo utile ricordare alcuni lavori critici e sperimentali che hanno attinenza con le mie vedute.

***

In una pregevole *Relazione sul moderno indirizzo dei campi sperimentali*, redatta dal dott. Giovanni Raineri ed A. Barte per conto della Federazione dei Consorzi Agrarii si propone di sostituire il concetto della *dinamica chimico-agraria* a quello della *statica chimico-agraria*, e si spiega la proposta con la nota dispersione dell'azoto. Insomma si indica, e molto opportunamente, uno dei lati deboli della teoria statico-chimica, ma non si fa alcun accenno alle funzioni microbiologiche del terreno.

***

Il dott. Moore del Ministero di Agricoltura degli Stati Uniti di America ed il prof. Bottomley del King's College di Londra, proposero, come è noto, l'inoculazione dei semi con culture microbiche. Non è qui il luogo di discutere se e quando questa

(1) I proff. Dusserre e Biele dell'Istituto di Losanna constatarono anch'essi che il 99 per cento dell'acido fosforico contenuto nel perfosfato sparso alla superficie viene assorbito dal primo strato di terreno di centimetri 10 (vedasi il Coltivatore di Casale Monferrato anno 1907, n. 4, pag. 101).

(2) L'Agricoltura moderna, n. 44, anno 1902.

pratica sia necessaria, se e quando possa essere sostituita da un apporto di buona terra in terreno da coltivarsi; soltanto debbo rilevare che le dette colture si ottenevano con la presenza di sostanze minerali; e che i due citati professori raccomandavano di non trascurare l'aggiunta al terreno dei fosfati e dei sali potassici.

***

J. B. Dandono, in un articolo pubblicato sul Popular Scient. Mon. concernente i varî fattori della fertilità del suolo, afferma che la fertilità del suolo non è tanto un problema di chimica quanto un problema fisico e batteriologico (anno 1906).

***

D. A. Gilcrist constatò che in un prato, cui per undici anni si diedero concimi fosfatici, l'azoto del suolo si accrebbe di circa 51 libbre per acre in più che non nel prato il quale non ebbe concimi fosfatici. Le aiuole che ebbero solfato ammonico e nitrato sodico oltre ai concimi fosfatici contenevano nel suolo meno azoto di quelli che ebbero il solo fosfato (anno 1909).

***

Il giornale l'*Engrais* n. 10 del 1907, in un articolo sulla possibilità di una diagnosi batteriologica della fertilità della terra, riporta i seguenti fatti: Hugo Fischer di Bonn ha osservato che in speciali esperienze di fertilizzazione con l'*Azctobacter crococcum*, questo si moltiplica in grande quantità in tutte le particelle addizionate di calce. Analoghi risultati ottenne il prof. Wohltmann. Il Gerlach ha dimostrato che l'azotobacter, per svilupparsi, ha bisogno non solamente di calce, ma anche di acido fosforico. Ad analoghi risultati è pervenuto il prof. Christiensen di Copenaghen.

***

E passo ora ad esaminare il cennato lavoro del dott. Perotti, che completando e sviluppando gl'insufficienti lavori di Stoklasa (1), Duchacek e Pitra (1900), di Koch e Köber (1906) e di De Grazia e Cerza (1906) venne, come dissi, a confermare, nelle sue linee generali, la teoria biochimica della concimazione da me proposta.

Delle dette ricerche discuterò soltanto quelle che sono più direttamente connesse con lo scopo del presente scritto; e prima di far ciò piacemi trascrivere le parole del valoroso batteriologo che spiegano le origini del suo lavoro: « Frattanto, prima « di porre termine alla presente Memoria, mi sia lecito, nell'interesse delle teorie « scientifico-agrarie, di ritornare là d'onde presi le mosse. Il lavoro di Corrado Lumia, « ignorato dai più, trascurato da molti altri, venne preso in considerazione in una « di quelle settimanali riunioni che qualche anno addietro si tenevano presso la « R. Stazione di patologia vegetale di Roma e delle quali facevano parte, fra i mag- « giori, il prof. G. Cuboni, che di quella era il geniale ispiratore, il Pirotta ed il « Giglioli. Sulle prime, a tutti, la tesi sostenuta dall'A. che i concimi fosfatici e

(1) I recenti lavori di Stoklasa (Bull. de l'Inst. Past. n. 4, 1912) confermano i rapporti fra le concimazioni fosfatiche e la microflora.

« potassici anzichè alle piante coltivate servono ai batterî del suolo sembrò parados-
« sale; ma iniziatasi la discussione, e svoltasi con quella larghezza di idee di cui
« la competenza di quegli egregi uomini li rendeva capaci, vagliate le argomentazioni
« del Lumia, corredatele con altre di maggior valore, anche dai più ligi alle vecchie
« idee e meno disposti ad accettare le nuove, si finì con lo stabilire che l'argomento
« era degno di non poco interesse, e che in esso si trovavano molte idee ed accen-
« nati alcuni fatti ammissibili ».

Con le sullodate esperienze il dott. Perotti ha dimostrato:

Che i batterî terricoli hanno la proprietà di solubilizzzare il fosfato tricalcico ed il bicalcico e di assorbire (impedendone la retrogradazione) il monocalcico.

Che lo sviluppo microbico è meno intenso con i fosfati acidi suddetti e col fosfato neutro e che *in assenza di fosfati lo sviluppo dei microrganismi è debolissimo.*

Che i fosfati assorbiti vengono trasformati in fosforo organico.

Che la presenza del glucosio accresce la solubilizzazione del fosforo.

Che le piante superiori coltivate in ambienti sterili vengono danneggiate dal fosfato monocalcico e, in minor grado, anche dal bicalcico; e che il fosfato è capace di subire l'azione digestiva delle radici.

Che promuovendo l'attività microrganica del terreno si realizza nella pratica un guadagno e un'utilizzazione dei fosfati insolubili.

Che la presenza di diversi carboidrati nelle culture microbiche accresce la solubilizzazione del fosforo, e fra i carboidrati sperimentati i disaccaridi si rivelano più efficaci dei monosaccaridi (1).

Che quantità crescenti di saccarosio esplicano azioni differenti e che la proporzione del 2 % pare sia la più propizia alla solubilizzazione dei fosfati.

Che il solfato ammonico (sale fisiologicamente acido secondo il Mayer) fornisce risultati di solubilizzazione del fosforo per opera dei bacterî, di gran lunga superiori, per intensità e durata, a quelli del tartrato ammonico, dell'urea, dell'asparagina e del nitrato potassico, sale fisiologicamente alcalino; e che quest'ultimo sale presentò un'azione alquanto irregolare in causa di fenomeni di denitrificazione.

Che fra i diversi sali ammonici favorenti la solubilizzazione del fosfato tricalcico, il solfato ammonico occupa il primo posto, segue il cloruro, poi il tartrato ed infine il nitrato ammonico (sale fisiologicamente anfotero) che presenta l'irregolarità di comportameuto del nitrato potassico, di cui alle precedenti esperienze.

Che la detta azione del solfato ammonico cresce con la concentrazione della soluzione fino al limite dell'uno per mille.

Che, conformemente alle ricerche di Koch, Krëber e di altri, le basi influiscono ostacolando la solubilizzazione batterica del fosfato tricalcico, e che quest'azione ostacolante è massima per il carbonato di calcio, per il carbonato di magnesio, indi per l'idrato di alluminio e meno di tutti per l'idrato ferrico.

Che l'azione dei carbonati suddetti si esplica un po' in ritardo, cioè dopo che, solubilizzati dalla CO_2, possono meglio reagire con gli acidi che formansi nell'ambiente per opera dell'attività microrganica.

(1) Lo Stoklasa aveva già dimostrato l'azione favorevole che esercitano il glucosio ed il xilosio sullo sviluppo del Bact. megatherium.

Che la dissoluzione del fosfato tricalcico è limitatissima e quasi nulla per le bacteriacee sperimentate; sensibile pei saccaromiceti, e limitatissima per gl'ifomiceti; ma quest'ultimo risultato è dipendente dal metodo adoperato per la determinazione del fosforo solubile, cioè la filtrazione attraverso carta, che non fa passare le forme ifomicetiche, le quali per le esperienze precedenti già si sa che incorporano quantità notevoli di acido fosforico reso prima, necessariamente, solubile.

Che è esatta l'opinione comune che uno degli agenti più importanti della solubilizzazione dei fosfati nelle culture batteriche è l'acido carbonico, senza però escludere l'azione di altri acidi meno volatili. L'A. soggiunge, e giova qui notarlo: « nessuna specie fra quelle sperimentate (*Bac. Fluorescens liquefaciens*, *Sarcina lutea* ed altre due indeterminate) si è dimostrata capace di dar luogo a quella abbondante produzione di acido carbonico che si manifestò costantemente nelle culture brute dei precedenti studî ». Probabilmente, egli dice, non mi venne dato di afferrare le specie che, considerate come migliori produttrici di CO_2 devono godere di un ufficio ancora più importante nella soluzione dei fosfati.

Che, infine, nelle culture batteriche, fatte in presenza di fosfato tricalcico, si ha produzione di composti organici fosforati non volatili, una gran parte dei quali sono solubili, cioè filtrabili dal filtro Chamberland (sostanze fuoruscite dal corpo dei microrganismi) ed una minima parte non attraversano questo filtro, perchè facenti parte del corpo dei microrganismi.

La teoria microbica della concimazione confermata.

Le ricerche del dott. Perotti, che ho sinteticamente riportate, e le poche che l'hanno precedute in Italia e all'estero, dimostrano luminosamente la nuova funzione che credetti dovesse attribuirsi ai concimi fosfatici, potassici, calcarei, ecc. Restano, è vero, ancora a determinarsi gli effetti specifici dei varî costituenti dei concimi sulle singole specie bacteriche; ma la tesi, considerata nelle sue linee fondamentali, può ormai dirsi scientificamente provata. Infatti il lavoro del Perotti ci permette di seguire, passo per passo, e ponderalmente, il fosfato tricalcico nei suoi successivi passaggi dai liquidi di coltura al corpo dei bacterî e da questi di nuovo nell'ambiente esterno culturale; cioè ci è dato di constatare che il fosforo dalla forma minerale insolubile passa a quella solubile, da questa per successiva assimilazione a quella organizzata, e poscia a quella organica solubile. Giova dunque indugiarsi su di alcune delle esperienze sopra cennate. Con esse viene anzitutto dimostrato che i fosfati promuovono lo sviluppo dei microbi terricoli, ciò che costituisce appunto il fondamento della mia tesi. Vero è che in altre ricerche si dimostra che i fosfati acidi ostacolano alquanto lo sviluppo microbico; ma questo risultato ha un valore pratico assai relativo se lo si mette in rapporto con le concimazioni fatte coi perfosfati; giacchè, in ogni terreno di composizione fisico-chimica normale non deve mancare il carbonato di calcio o un suo surrogato; e allora i perfosfati, incorporandosi con le particelle terrose, vengono in gran parte neutralizzati e riportati alla

forma primitiva insolubile, ma in uno stato di attenuazione notevole, cioè in una condizione favorevole allo sviluppo dei bacterî. Infatti il dott Perotti ha dimostrato che il fosforo disciolto da una cultura batterica è tanto maggiore, quanto maggiore è lo stato di attenuazione delle particelle dei concimi fosfatici.

Nella Memoria da me pubblicata nel 1902 così scrissi: « Ammesso che i fosfati dei concimi servano di alimento ai microbi terricoli, è certo che quando questi organismi muoiono, dànno dei residui organici che vengono poscia utilizzati dalle piante superiori ». Orbene, le esperienze sopra indicate dimostrano appunto la trasformazione del fosforo inorganico in organizzato e poscia nuovamente in organico.

Arrivati a questo punto bisogna chiarire un fatto apparentemente contraddittorio: Quando l'A. ha operato con alcune determinate specie batteriche non ha avuto i fenomeni di solubilizzazione dei fosfati che in misura limitatissima; mentre gli stessi fenomeni sono stati molto sensibili con le colture brute. Ora a me sembra che questa disformità di risultati non si sarebbe avuta, se l'A. avesse scelto per le colture batteriche pure i *bacteri specifici* del terreno, e dico specifici nel senso agronomico, se cioè egli avesse operato coi fissatori, e *specialmente coi nitrificanti*. Questi bacteri erano sicuramente presenti nelle culture brute che l'A. otteneva con un cm^3 di una diluizione acquosa di un campione di buona terra di giardino; ed è quindi molto probabile che ad essi debba attribuirsi l'azione solubilizzante del fosfato tricalcico riscontrata nelle colture brute e risultata quasi nulla nelle colture fatte col *Bac. fluorescens liquefaciens* e con la *Sarcina lutea*. Come pure a me pare che il solfato ammonico siasi rilevato di azione più efficace nel promuovere la solubilizzazione del fosfato tricalcico in confronto di altri sali ammoniacali, dell'urea, dell'asparagina e *specialmente del nitrato ammonico e del nitrato potassico*, perchè esso rappresenta il composto ammoniacale più adatto per lo sviluppo del fermento nitroso. Dunque, nelle ricerche fatte con colture brute dovettero agire insieme con altre forme i fermenti nitrificanti, tanto più che venne constatato come la concentrazione più opportuna per il fenomeno di cui sopra sia la presenza di uno per mille di solfato ammonico; e questa proporzione corrisponde appunto a quella adoperata nelle culture dei fermenti nitrificanti dal Winogradsky (1). Perciò la solubilizzazione del fosforo insolubile è, a mio parere, legata in particolar modo, alla vita dei microbi della nitrificazione, dappoichè notevole dev'essere l'azione solvente che su tutti i composti insolubili del terreno devono esercitare l'acido nitroso ed il nitrico.

Ed ora credo utile esaminare quella parte delle ricerche che integrano il mio concetto e completano di conseguenza la teoria microbica della concimazione. Con codeste ricerche il dott. Perotti non solo conferma quanto già conoscevasi, che, cioè, lo sviluppo dei microbi viene favorito dalla presenza nel liquido di coltura di sostanze ternarie; ma egli, sperimentando con sostanze differenti (fecola, saccarosio, lattosio, galattosio, glucosio) ha constatato che i disaccaridi favoriscono meglio la solubilizzazione microbica dei fosfati; che il saccarosio è in ciò superiore agli altri disaccaridi, e, infine, che la proporzione nella quale quest'ultimo carboidrato meglio agisce è quella del 2 %. Or questa parte delle ricerche mentre allarga il significato della

(1) Ann. de l'Institut Pasteur, tomo IV, pag. 213.

parola *sostanza concimante*, completa, come già dissi, la teoria microbica della concimazione; perchè mentre io mi limitai a considerare solamente le sostanze minerali come materiali atti a promuovere lo sviluppo dei microbi del terreno, il Perotti ha dimostrato che speciali sostanze ternarie concorrono con le sostanze minerali a determinare la solubilizzazione microbica dei fosfati insolubili.

Le piante verdi superiori è noto che non hanno assoluta necessità di trovare nel terreno delle sostanze ternarie non azotate, potendo attingere tutto il loro carbonio nell'atmosfera sotto forma di biossido di carbonio (1); e perciò nella pratica agricola non si è mai pensato di fornire per lo scopo suindicato, con le ordinarie concimazioni, dei composti ternarii non azotati; onde è che ai composti ternarii che costituiscono quasi si direbbe lo scheletro dei concimi di origine organica non si è assegnato alcun valore venale. Ma tutto ciò non è conforme alle nuove vedute: i microbi terricoli, solubilizzando i fosfati insolubili, fissando l'azoto libero dell'aria, generando composti azotati facilmente diffusibili e prontamente assimilabili, favoriscono in maniera diversa la vita delle piante verdi superiori, e poichè, per le citate esperienze, i microbi si giovano di alcune sostanze organiche, è chiaro che l'aggiunta di queste al terreno gioverà indirettamente alle piante coltivate, e potrà perciò costituire per queste ultime una vera e propria concimazione indiretta. Le sostanze ternarie dei concimi organici hanno perciò un valore, come lo hanno l'azoto, il fosforo, il potassio, il calcio, che essi contengono; ma la determinazione del loro valore venale non è fino ad oggi possibile, perchè mancano nel commercio i concimi semplici analoghi da servire come termini di confronto.

Come è noto, i soli fermenti nitrici possono vivere, per il processo di chimiosintesi, in un ambiente completamente minerale; cioè possono utilizzare l'anidride carbonica dei carbonati presenti nel terreno di coltura; ma gli altri microrganismi non godono simile privilegio. Infatti il *Clostridium pasteurianum*, isolato nel 1892 da Winogradsky, venne coltivato con un carboidrato (zucchero) senza alcun composto azotato, avendo a sua disposizione dell'azoto libero. Orbene, questo microrganismo, mentre determina un'attiva fermentazione dello zucchero (producendo acido butirrico e formico, e svolgendo CO_2 ed H) si moltiplica considerevolmente, cioè aumenta di molto la sostanza organica azotata del suo corpo, che produce servendosi dell'azoto libero, unico alimento azotato posto a sua disposizione (2). E i saccaromiceti e le muffe, che utilizzano il carbonio delle sostanze ternarie, è probabile che abbiano speciali funzioni anche nel terreno agrario, posto il fatto che essi solubilizzano i fosfati insolubili, e che alcune muffe pare possano assimilare l'azoto libero (Puriewitch).

Dunque, allorquando si vuole eseguire una concimazione indiretta, avente lo scopo di intensificare lo sviluppo dei microrganismi del terreno (eccettuati i nitrificanti), ai fosfati, ai solfati, ai sali potassici, calcarei, ecc., è uopo aggiungere le so-

(1) Bokorny ritiene, e sembra a ragione, che l'alimentazione organica delle piante verdi abbia luogo anche in natura frequentemente; e che con la doppia alimentazione inorganica e organica le piante si avvantaggerebbero, formando maggior quantità di amido nelle cellule, e in generale maggior quantità di sostanza organica. (*Fisiologia vegetale* del prof. Romualdo Pirotta, pag. 117).

(2) *Fisiologia vegetale* del prof. R. Pirotta, pagg. 103-104.

stanze ternarie. E da questa affermazione viene messa in luce e dimostrata una *nuova funzione alimentare* dello stallatico e di molti altri concimi organici.

A questo punto si farebbe palese la necessità di ben stabilire quali sono i materiali concimanti che giovano direttamente alle sole piante coltivate, quali quelli che giovano ai soli microrganismi terricoli, quali, infine, quelli che giovano direttamente a questi ultimi e indirettamente alle prime. Ma per meglio orientarci in una questione tanto intricata e complessa, sarà opportuno di sintetizzare in un quadro sinottico la *nutrizione terrestre* delle piante verdi superiori, che dal punto di vista agronomico meritano il nome di *piante da reddito.*

Nutrizione azotata	Nelle Leguminose	È legata quasi completamente alla vita del *Bacillus radicicola.*
	Nelle non Leguminose	È legata alla vita dei microbo fissatori dell'azoto che vivono vita libera; ai microbi della putrefazione, agli ammonizzanti, ai fermenti nitrosi e nitrici, al contributo di nitrati che l'agricoltore porta nel terreno con le concimazioni.
Nutrizione solforata		Si compie direttamente coi composti diffusibili e solubili (solfato di potassio, di magnesio, di calcio ecc.). Si compie indirettamente coi prodotti di decomposizione dei microbi che contengono il solfo nel loro citoplasma (?)
Nutrizione fosfatica		Più facilmente per l'azione dei microrganismi che solubilizzano i fosfati insolubili e li rendono diffusibili nel terreno. Per assorbimento diretto.
Nutrizione potassica calcarea e magnesiaca . . .		Per assorbimento diretto dei composti solubili e per l'intervento di microbi terricoli che trasformano in composti solubili e diffusibili (nitrato di calcio, di magnesio, ecc.), i composti insolubili del terreno.

Da questo prospetto emerge, nei riguardi delle funzioni del suolo, che la nutrizione delle piante superiori è, si può dire, per tre quarti legata alla vita degli organismi inferiori che vivono abitualmente nel terreno agrario. E poichè quasi tutti questi microrganismi si avvantaggiano della presenza di alcune sostanze organiche e di alcuni composti minerali solubili, ovvero insolubili e da essi solubilizzabili, che ne costituiscono veri e proprî alimenti, chiaro è che molti composti minerali ed organici adoperati come concimi, col fine esclusivo di servire direttamente alla nutrizione delle piante coltivate, sono, invece, più direttamente utilizzati dai microrganismi terricoli, i cui prodotti di elaborazione, se si tratta di fermenti, o di scomposizione, se trattasi di saprofiti non fermenti, costituiscono una sorgente importante di materiali utili per le piante superiori.

La ricchezza delle terre e la teoria biochimica della concimazione.

La ricchezza, precipuo fattore della produttività dei terreni, si è distinta, in attuale (potenza) e di riserva; intendendosi per ricchezza attuale o potenza quella liquidabile nel ciclo vitale delle piante annue, o nel ciclo vegetativo delle piante perenni. Ora il Woght volle rappresentare con una formula matematica la diminuzione *graduale* e *costante* della produttività delle terre (1) facendo uso di un coefficiente assimilatorio costante, da cui derivano *produzioni regolarmente decrescenti.* Ma la teoria microbica della concimazione esclude che vi possa essere per ogni data pianta un coefficiente assimilatorio costante nei varii anni.

(1) Ecco la formola di Woght nella quale ho creduto di mutare gli indici dei simboli per renderli più razionali: Sia R_0 la ricchezza totale di un terreno all'anno zero; $1/p$ il coefficiente assimilatorio, cioè la quota di ricchezza asportata da una cultura annua; siano $R_1\ R_2 \ldots R_n$ le ricchezze totali residue alla fine degli anni 1°, 2°... n°; e siano $F_1, F_2, F_3 \ldots F_n$, le ricchezze liquidate, successivamente, negli anni 1°, 2°... n°, si avrà:

Calcolo delle ricchezze residuali:

$$R_1 = R_0 - R_0 \times 1/p;\ R_1 = R_0 (1 - 1/p);\ R_2 = R_1 - R_1 \times 1/p;\ R_2 = R_1 (1 - 1/p).$$

Sostituendo ad R_1 il valore sopra ricavato, si ottiene:

$$R_2 = R_0 (1 - 1/p)^2$$

e, analogamente,

$$R_3 = R_0 (1 - 1/p)^3$$

ed

$$R_n = R_0 (1 - 1/p)^n.$$

Calcolo delle ricchezze successivamente liquidabili:

$$F_1 = R_0 \times 1/p;\ F_2 = R_1 \times 1/p;$$

ma

$$R_1 = R_0 (1 - 1/p),$$

quindi

$$F_2 = R_0 \times 1/p\ (1 - 1/p);$$

e poichè

$$R_0 \times 1/p = F_1,$$

si ottiene

$$F_2 = F_1 (1 - 1/p);\ F_3 = R_2 \times 1/p;$$

ma

$$R_2 = R_0 (1 - 1/p),$$

quindi

$$F_3 = R \times 1/p\ (1 - 1/p)^2;$$

e siccome

$$F_1 = R_0 \times 1/p,$$

si ha

$$F_3 = F_1\ (1 - 1/p)^2$$

ed infine

$$F_n = F_1 (1 - 1/p)^{n-1}.$$

I valori di R_n ed F_n diventano zero, quando $n = \infty$, cioè la ricchezza che si liquida annualmente va gradatamente e costantemente diminuendo sino all'infinito.

In altri termini, la quantità di ricchezza che si liquida annualmente non dipende soltanto dalle qualità specifiche assorbenti della pianta coltivata, ma anche dalla intensità variabile dell'attività batterica, che essendo a sua volta dipendente dalle condizioni dell'ambiente (*substrato* e *clima*) è la risultante di un cumulo di cause fisiche e chimiche, come il calore, l'umidità, i concimi, ecc. Del resto, l'asserita graduale liquidazione della ricchezza dei terreni viene smentita dai reperti pratici e culturali. Valgano a provar ciò i risultati dei due seguenti esperimenti, fatti a Rothamsted da Lawes e Gilbert:

1.° Due appezzamenti vicini seminati sempre a grano ebbero per 6 anni (1852-1857) oltre i concimi minerali dei sali ammoniacali in proporzione diversa; l'uno in ragione di kg. 448 per ettaro, l'altro in ragione di kg. 224. Dopo i sei anni i due appezzamenti ebbero la stessa quantità di sali ammoniacali, cioè entrambi kg. 224. In questo secondo periodo l'appezzamento che aveva avuto nel periodo precedente una maggiore quantità di concime azotato, diede un'eccedenza di prodotto che ascese in media, a hl. 1,4 di grano e kg. 252 di paglia. Orbene, quest'eccedenza di prodotto invece di essere gradatamente decrescente, *si presentò saltuaria*. Invero nel 1858 (1° anno del 2° periodo) fu di hl. 4,15 attribuibile ad un residuo di sali ammoniacali; ma nel 1866 si ha di nuovo un eccesso di hl. 4,6!

2.° Due parcelle seminate ad orzo nel periodo 1853-57 ebbero l'una kg. 300 per ettaro di nitrato sodico e l'altra kg. 600 per ettaro dello stesso concime. Dopo cinque anni le due parcelle ebbero entrambe 300 kg. di nitrato di sodio per ettaro fino al 1871; e durante questo quattordicennio la seconda parcella diede un'eccedenza annua media di hl. 2,7 di grano e kg. 350 di paglia. L'eccedenza massima di hl. 7,2 si manifestò nel settimo raccolto; e nel 1870, cioè tredici anni dopo del trattamento disforme nella concimazione nitrica, si ebbe un'eccedenza di ettolitri 5,4! E si noti che il nitrato sodico adoperato in questa prova è concime di rapida dispersione e di azione prontissima! La saltuarietà delle eccedenze di prodotti nei due citati esperimenti dimostrerebbe l'azione microbica esercitantesi con varia vicenda sui maggiori residui organici lasciati dalla pianta coltivata nella parcella che ebbe la concimazione azotata più abbondante. Se, come si ammette nella formola di Woght, si considerasse costante il coefficiente assimilatorio del frumento e dell'orzo, le eccedenze di prodotto sarebbero state gradatamente decrescenti. Quanto abbiamo qui accennato serve dunque a metterci in guardia nella esatta interpretazione da darsi ai risultati delle prove di campo, nelle quali spesso si prescinde dalle condizioni storiche delle diverse parcelle.

Funzioni specifiche dei microrganismi terricoli.

Quantunque numerosi ed importanti siano gli studi fatti in Italia e fuori sulle funzioni dei principali microrganismi del terreno nei rapporti con le piante verdi coltivate, pure molto ancora resta a fare in questo vastissimo campo; e facciamo quindi voti che il genio italico raccolga nuovi allori in questo genere di studi, cui sono legati i maggiori interessi dell'umanità.

Quello che sappiamo fin qui può riassumersi nel seguente prospetto, il quale se non altro varrà a mettere in evidenza la lacune da riempire.

Azione dei microbi terricoli.

Utile o attiva	Liquidatori della ricchezza azotata	Microbi della putrefazione. Ammonizzanti. Nitrificanti.
	Liquidatori della ricchezza fosforica	Nitrificanti (!) Batteriacei diversi. Saccaromiceti. Ifomiceti.
	Fissatori dell'azoto . . .	Bacillo delle radici delle leguminose. Microbi fissatori che vivono liberi. Ifomiceti (?)
Nociva o passiva		Gruppo dei denitrificanti (producono l'arrabbiaticcio?) Altri produttori di azoto libero (?) Produttori di solfuri

* * *

Se l'agricoltura intensiva può fare esclusivo assegnamento sulla attività microrganica esplicantesi col sussidio della ricchezza naturale delle terre.

Va da sè che qui si formula questa domanda nei riguardi di un terreno che si trovi in condizioni fisico-chimiche medie e normali; giacchè nessun dubbio che in un terreno in cui manchi o sia molto deficiente un elemento di fertilità occorra provvedere prima di ogni altro alla fertilizzazione del terreno stesso. Dunque vogliamo qui riferirci ad un terreno mediamente fornito di sostanze minerali ed organiche; ed un terreno siffatto che non venga mai concimato, darà dei prodotti variabili col variare delle condizioni climatiche e dell'attività microrganica; ma questi prodotti saranno *irregolarmente e lentissimamente decrescenti*. Perciò l'esperimentazione pratica ci dice che gli alti prodotti non sono possibili nei terreni di media fertilità se non a condizione di stimolare lo sviluppo microrganico con l'uso di concimi facilmente diffusibili e facilmente solubilizzabili dai microrganismi terricoli. Ma se vogliamo esser precisi, dobbiamo distinguere i microbi liquidatori dai fissatori dell'azoto libero.

In riguardo ai primi non vi è dubbio che la loro azione liquidatrice sarà tanto più intensa quanto maggiore sarà la massa di sostanza attaccabile (fosfati retrogradati o naturali, sali ammoniacali, ecc.).

In riguardo ai fissatori dell'azoto, l'esperienza ci insegna che ben scarsi sono gli effetti della loro azione quando essa esplicasi da sola (maggese nudo nella coltura discontinua) e che notevoli sono invece gli effetti dei fissatori dell'azoto che vivono

in simbiosi con le leguminose, specialmente se la loro azione è stimolata dalla concimazione fosfo-potassica (1). Dunque a me pare che la quistione possa mettersi nei suoi veri termini, dicendo: L'agricoltura intensiva, nei riguardi dell'azoto, può fare esclusivo assegnamento sui microbi fissatori di questo elemento che vivono vita simbiotica, tutte le volte che alle leguminose si può destinare un'adeguata superficie del podere. In caso diverso deve intervenire l'agricoltore con l'aggiunta di materiale azotato (sali ammonici, nitrati. concimi organici azotati). In quale proporzione deve coltivarsi la leguminosa perchè si raggiunga il suindicato fine, dovrà ancora meglio determinarsi nei diversi climi in rapporto alla varia attività microrganica ed alla dispersione più o meno notevole dell'azoto del suolo (2).

Per rispetto poi agli altri elementi fertilizzati, ed *in terreni di media ricchezza*, la risposta non può che esser negativa, cioè non è possibile ottenere elevati prodotti col sussidio dell'attività microrganica non stimolata dall'arricchimento del substrato culturale con adatti materiali carbonici, fosfatici, potassici, ecc. (3).

La teoria statico-chimica della concimazione deve abbandonarsi?

Dal fin qui detto emerge, che se non puossi accettare incondizionatamente la teoria statico-chimica della concimazione, non può però disconoscersi che l'esaurimento dei terreni non concimati è fatto accertato per quanto il fenomeno si avveri molto *lentamente ed irregolarmente*, come sopra fu dimostrato. Inoltre il concetto statico-chimico applicato all'azoto del terreno, come fu da altri notato, non ha base

(1) Secondo le osservazioni del Déherain, un terreno che nel 1879 conteneva l'1,5 per mille di azoto, dopo dieci anni di prato conteneva 1,98 per mille del detto elemento, con un guadagno per 4000 tonnellate di terra di kg. 1920 ed un guadagno annuo di kg. 192, oltre l'azoto contenuto nel prodotto annuo del prato. I signori Lawes e Gilbert, nel 1873, coltivarono una parcella ad orzo ed una a trifoglio; l'orzo asportò kg. 41,7 di azoto ed il prodotto del trifoglio ne conteneva chilogrammi 169,15. Esaminati i due terreni nell'ottobre 1873, si trovò che quello che era stato coltivato ad orzo conteneva 1,450 per mille di azoto; e quello che era stato coltivato a trifoglio 1,578 dello stesso elemento con un aumento di 0,12 per mille, che riferito a 4000 tonnellato di terra dà kg. 400 di azoto dovuti alla coltura della leguminosa. E aggiungendovi kg. 169,5 di azoto contenuti nel foraggio raccolto, perchè dovuti anch'essi all'attività microrganica, si ha un totale di kg. 569,5, trascurando l'azoto asportato dall'orzo perchè è una quantità non rilevante. Nel successivo anno nelle due parcelle si seminò l'orzo, e l'azoto dei raccolti delle due parcelle fu, rispettivamente, kg. 43,8 e kg. 77,7; cioè nella parcella che era già stata a trifoglio si era avuta una maggiore utilizzazione di azoto di kg. 34,1 cioè 1/11 dei 400 kg. lasciati dal trifoglio a disposizione del successivo orzo.

(2) Secondo il Déherain (Traité de Chimie Agricole, 1902, pag. 486) le acque di drenaggio asportano, per ettaro e per anno le seguenti quantità di azoto nitrico: nelle terre in buono stato di concimazione kg. 137,5, nelle terre spossate da colture non concimate kg. 92,7. Le perdite risultanti dalle osservazioni fatte a Rothamsted sono molto minori; ma in questo elemento influiscono molte circostanze fra le quali notiamo la natura fisico-chimica dei terreni, la pluviosità, ecc.

(3) In una mia breve Nota presentata alla R. Accademia dei Lincei il 21 gennaio dello scorso anno proposi di chiamare *biocultura* qualunque sistema culturale che si proponga di ottenere una gran parte dell'azoto necessario alle piante della rotazione mediante il sussidio dei microrganismi fissatori dell'azoto libero.

scientifica, giacchè un esatto bilancio dell'azoto richiede che si calcolino le quantità che si disperdono e quelle che si acquistano per le cause già note, nel corso almeno di una rotazione. Anche per il calcio e per il magnesio, se non fossero, come sono, generalmente abbondanti nel terreno agrario, bisognerebbe tener conto delle quantità di essi che si eliminano con le acque di fognatura, sia per dilavamento, sia in relazione con le funzioni assorbenti del terreno. E per rispetto agli elementi fortemente assorbiti dalle terre, quali il fosforo ed il potassio, a me pare che la teoria statico-chimica e la teoria microbica si completino vicendevolmente; dappoichè lo scopo da raggiungere è la massima utilizzazione dei detti materiali nel minimo tempo; e questo risultato si ottiene con l'aumento della ricchezza del terreno in fosforo e potassio e con l'incremento dell'attività microrganica, volta al fine di solubilizzare nell'unità di tempo la massima quantità dei detti elementi a beneficio delle piante coltivate.

E per ora basti l'aver fissato il concetto che gli effetti di un concime non devonsi ritenere solamente in rapporto all'aumento della dotazione del terreno, ma altresì in rapporto con i fenomeni biochimici che ne sono la conseguenza. Certamente la teoria biochimica complica, e molto, il problema della concimazione, che con la sola teoria statico-chimica riducevasi ad un calcolo semplicissimo. Ma si spiegavano gl'insuccessi? Si dava una esatta interpretazione agli effetti dello stesso concime nei diversi terreni, agli effetti dei miscugli diversi, alle reciproche azioni dei concimi ammonici e dei fosfatici? Era logico, infine, di parlare di bilancio dell'azoto, quando una cospicua e non ben determinata quantità di materie azotate si generano indipendentemente dalle riserve del terreno e dalle concimazioni azotate che fa l'agricoltore? Con la teoria biochimica, che tien conto di un altro fattore della produttività dei terreni, cioè dell'attività microrganica, molti fatti prima non spiegati possono avere una plausibile spiegazione. E quando meglio ancora saranno conosciute le funzioni specifiche e le condizioni di vita degli esseri inferiori che popolano il terreno agrario, *in rapporto con la vita delle piante superiori coltivate,* maggior luce spanderà la nuova teoria biochimica sul difficile problema della concimazione.

Conclusioni.

Le conclusioni del presente lavoro potrebbero essere identiche a quelle della Memoria da me pubblicata nel 1902, senonchè le ricerche posteriori, e specialmente quelle del dott. Perotti, ci permettono di integrarle. Ecco dunque, in riassunto, i principii sui quali, allo stato odierno delle conoscenze scientifiche, si basa la teoria biochimica della concimazione, sintesi della teoria microbica, e di quella statico-chimica.

1.° I concimi minerali, fosfatici, potassici, calcarei, ecc., ed alcune sostanze organiche ternarie (carboidrati) esercitano un'azione diretta sui microbi del terreno, dei quali favoriscono lo sviluppo.

2.° I concimi minerali sopra indicati possono essere in parte utilizzati direttamente dalle piante superiori coltivate (piante da reddito); ma una più ampia e

complessa azione viene da essi esplicata a vantaggio delle piante suddette, dopo il loro passaggio attraverso l'organismo dei microbi terricoli, i quali riescono utili alle piante superiori non solo con i prodotti della loro decomposizione, ma anche con le loro specifiche funzioni, quali la fissazione dell'azoto libero, la produzione di ammoniaca, di acido nitroso e nitrico, la produzione di acido carbonico, la solubilizzazione del fosforo, ecc.

3.° Ai concimi azotati, fosfatici, potassici, calcarei, occorre aggiungere un altro gruppo di materie concimanti, i concimi carbonici ternarii, con azione diretta sui microrganismi terricoli e indiretta sulle piante da reddito.

4.° La concimazione nitrica, da eseguirsi con tutte le cautele che scienza e pratica insegnano, ha ragione di essere, quando rivelasi insufficiente, pei fini da raggiungere, la produzione microbica dei nitrati; ed essa è quindi la base della cultura intensiva e dello sfruttamento del suolo con la cerealicoltura.

5.° La concimazione ammoniacale stimola lo sviluppo batterico e con esso la solubilizzazione dei fosfati insolubili. E così si spiega perchè i nitrati esplicano la loro azione anche in assenza di sostanze minerali, mentre debole è l'azione dei sali ammonici in assenza dei concimi minerali (1). Solamente le reazioni chimiche che producono i sali ammoniacali in terreni di speciale costituzione fisica possono determinare un'azione diversa da quella indicata e quindi un esito sfavorevole (2).

6.° L'azoto del terreno si deve distinguere in nitrico, ammoniacale, organico ed organizzato; ed analogamente, il fosforo del terreno devesi distinguere in minerale, organico ed organizzato; avvertendosi che l'azoto organico ed organizzato, il fosforo organico ed organizzato, non obbediscono alle leggi del potere assorbente del terreno e riescono perciò meccanicamente diffusibili.

7.° Il coefficiente assimilatorio, rappresentato in maniera tangibile dalla quantità di elementi utili che annualmente vengono a liquidarsi, è la risultante di molte cause, fra le quali sarebbe errore il trascurare l'attività microrganica.

8.° Gli esperimenti di concimazione devono prestabilirsi, tenendo nel debito conto i principii della nuova teoria biochimica; e gli stessi principii vanno tenuti presenti per l'esatta interpretazione dei risultati di essi.

(1) Il est à remarquer que du nitrate de soude employé seul, on obtient des recoltes passables, tandis que les sels ammoniacaux ne fournissent, dans les mêmes circonstances, que des rendements très faibles tant qu'on n'ajoute pas des engrais mineraux. (Traité de Chimie agricole par. P. P. Dehérain, 1892, pag. 669).

(2) Terra di Grignon: vedasi Dehérain, op. cit., pag. 655.

Le equazioni generali della Dinamica e la legge di gravitazione.

Memoria del Corrispondente E. ALMANSI

presentata nella seduta del 6 aprile 1913

I. L'attrazione newtoniana in un punto dello spazio non è determinata. — II. Determinazione della differenza fra le attrazioni unitarie in due punti dello spazio. — III. Velocità radiali delle stelle. Direzioni fisse. — IV. Equazioni generali del movimento dei corpi celesti. Sistemi isolati. — V. Le direzioni fisse considerate come direzioni di minima forza viva per il mondo. — VI. Mutue azioni che si esercitano fra i corpi celesti: azioni dinamiche e azioni cinetiche. — VII. Le equazioni della Dinamica e i dati dell'osservazione. Movimento assoluto.

I.

I. Lo studio teorico del movimento dei corpi celesti, finchè almeno tali corpi vengono considerati come punti, si basa interamente sopra le equazioni fondamentali della Dinamica

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X, \text{ ecc.}, \tag{I}$$

e sulla legge di Newton

$$F = k\frac{m\,m'}{R^2}. \tag{1}$$

È cosa veramente meravigliosa che una classe tanto vasta di fenomeni abbia potuto essere rappresentata in maniera così semplice: che nei pochi segni qui scritti sia stato possibile condensare i risultati di una serie innumerevole di osservazioni.

Se però noi vogliamo considerare le formule precedenti non come delle semplici formule empiriche, atte a rappresentare, sia pure con grandissima approssimazione, quello che è stato sino ad oggi, e sarà presumibilmente anche per l'avvenire, osservato nella piccola regione dello spazio accessibile al nostro esame, ma come l'espressione di leggi generali regolatrici del movimento dei corpi celesti in tutto il mondo, s' incontrano difficoltà così gravi da far nascere il dubbio se una tale estensione di quelle formule, per ciò che riguarda in special modo le (I), sia veramente legittima.

Sopra alcune di queste difficoltà, che sembrano di maggior peso, io mi propongo appunto d'intrattenermi. La quistione è di tal natura che non consente, per certo, di arrivare a conclusioni ben determinate e sicure. Ma ciò non ostante, partendo da quelle ipotesi che, nello stato odierno delle nostre cognizioni, si presentano come le più verosimili, e sono generalmente adottate, si perviene a risultati i quali inducono a pensare che forse le equazioni (I) (pur restando, come io farò in questa Nota, nel campo della Meccanica celeste) non hanno quel carattere di generalità che vien loro attribuito. Altre equazioni, che ordinariamente si ottengono deducendole dalle (I), potrebbero considerarsi come le equazioni più generali del movimento dei corpi celesti; mentre le (I) non sarebbero valide se non per sistemi particolari (quale, ad esempio, il nostro sistema planetario), e in virtù di speciali condizioni che per questi sistemi risultano verificate.

2. Esiste — questo per solito si afferma — un sistema di riferimento $O(x, y, z)$ rispetto al quale le equazioni (I) sono soddisfatte per qualunque corpo di massa m, di coordinate x, y, z, essendo X, Y, Z le proiezioni dell'attrazione $\underline{F}$ esercitata su quel corpo. Le stesse equazioni varranno poi rispetto a qualunque altro sistema di riferimento che possegga, relativamente al primo, un moto traslatorio uniforme.

Esaminiamo, da prima, l'attrazione $\underline{F}$ [1]. S'intende che, a rigore, essa debba rappresentare la risultante delle attrazioni esercitate sopra m da *tutti* gli altri corpi celesti, se anche, in via d'approssimazione, è permesso tener conto soltanto delle masse più vicine. Ora tutto ci porta a ragionare come se i corpi celesti fossero in numero infinito: la forza $\underline{F}$ sarebbe dunque la risultante di un numero *infinito* di forze. Ha essa un valore *finito*? Ed è ben *determinata* in grandezza, direzione e verso?

Tale quistione è già stata discussa: per esempio dal Seeliger, che la risolve negativamente [2]. Ma vediamo di esaminarla con qnel maggior rigore che essa consente.

Sarà intanto necessario che noi facciamo qualche ipotesi intorno alla distribuzione della materia nel mondo: chè, altrimenti, nessuna deduzione è possibile. Ed io mi atterrò alla ipotesi generalmente seguìta; la quale si presenta, d'altronde, come la più naturale, e non sembra condurre a nessun risultato che sia, per qualche motivo, inaccettabile: l'ipotesi, cioè, che si abbia nel mondo una *relativa uniformità* nella distribuzione della materia.

Ecco quel che, per ora, ci basta di ammettere intorno a questa relativa uniformità:

Sia σ una sfera di raggio ϱ, col centro in un punto O dello spazio. Se ϱ è abbastanza piccolo, potrà non esservi entro σ alcuna massa. Ma noi supporremo che quando ϱ supera un certo limite, si abbia costantemente, entro σ, una massa M diversa da zero, dovunque si trovi il centro O della sfera; ed anzi ammetteremo che

[1] Denoto con $\underline{F}$ un vettore, con F la sua grandezza, con $\underline{F} \pm \underline{F}'$ la somma o la differenza geometrica di due vettori.

[2] Astr. Nach., a. 1905.

esista un valore ϱ_0 di ϱ (il qual valore niente impedisce di supporre estremamente grande) tale che per $\varrho \geq \varrho_0$ il rapporto

$$\delta = \frac{M}{S}$$

fra la massa M e il volume della sfera (ossia la *densità media* di M) non discenda mai al di sotto di un limite δ_1 diverso da zero.

Questa ipotesi non è in realtà molto restrittiva, e consiste, in sostanza, nel supporre, che la densità media dell'universo non sia infinitamente piccola.

Non ci occorre, pel momento, fare altre ipotesi intorno a δ.

3. Osserviamo, in primo luogo, che l'attrazione F esercitata da una massa M (resultante di masse tutte positive) contenuta entro una sfera σ, sopra una massa m

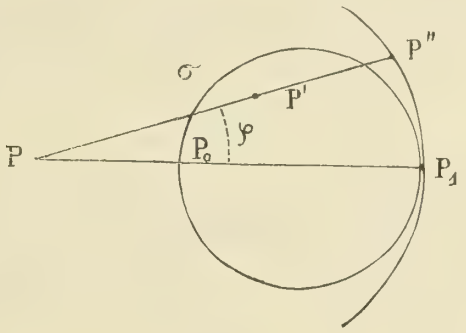


Fig. 1.

situata in un punto P fuori della sfera, è in grandezza sempre uguale o maggiore dell'attrazione che sulla massa m eserciterebbe la stessa massa M se fosse tutta concentrata nel punto P_1 di σ più lontano da P.

La cosa non è proprio evidente: giacchè quando noi portiamo in P_1 tutte le masse da cui è costituita la M, le allontaniamo, è vero, da P, ma in compenso otteniamo che nessuna componente d'attrazione vada perduta.

Sia dunque P' un punto nell'interno di σ, φ l'angolo $P'PP_1$. Sulla retta PP' consideriamo il punto P'' pel quale si ha

$$PP'' = PP_1 \cos \varphi .$$

Il punto P'' appartiene alla sfera di cui PP_1 è un diametro. Sarà perciò $PP'' \geq PP'$; quindi:

$$PP_1 \cos \varphi \geq PP'.$$

Inoltre:

$$PP_1 \geq PP'.$$

Moltiplichiamo membro a membro queste due disuguaglianze, e poniamo $PP_1 = D$, $PP' = r$. Avremo $D^2 \cos\varphi \gtrless r^2$, da cui:

$$\frac{\cos\varphi}{r^2} \gtrless \frac{1}{D^2}.$$

Nel punto P si ha la massa m. Nel punto m' si abbia la massa P'. Moltiplichiamo l'ultima disuguaglianza per $k\,m\,m'$ (k = costante di gravitazione), e sommiamo, estendendo la somma a tutte le masse m' contenute entro σ. Al secondo membro, poichè $\Sigma m' = M$, si avrà $k\frac{m\,M}{D^2}$. Onde otterremo:

$$\Sigma k \frac{m\,m'}{r^2}\cos\varphi \gtrless k\frac{m\,M}{D^2}.$$

Il primo membro di questa disuguaglianza è la somma delle proiezioni, sopra la retta PP_1, delle attrazioni esercitate dalle masse m' sulla massa m; o, ciò che è lo stesso, la proiezione della loro risultante $\underline{F}$. A maggior ragione sarà per conseguenza

$$F \gtrless k\frac{m\,M}{D^2}; \tag{2}$$

la qual formula ci dice appunto che la massa $M = \Sigma m'$ contenuta entro σ esercita sulla massa m un'attrazione $\underline{F}$ eguale o maggiore dell'attrazione $k\frac{m\,M}{D^2}$ che eserciterebbe se fosse tutta concentrata nel punto P_1.

4. Ora si ha, per ipotesi, detto S il volume della sfera, e supposto il suo raggio ϱ abbastanza grande (§ 2):

$$\frac{M}{S} \gtrless \delta_1,$$

ovvero:

$$M \gtrless \frac{4}{3}\pi\varrho^3 . \delta_1.$$

Sarà quindi, per la formula (2), in cui per semplicità porremo $m = 1$:

$$F \gtrless \frac{4}{3}\pi k\delta_1 \cdot \frac{\varrho^3}{D^2};$$

od anche, se denotiamo con c la costante $\frac{4}{3}\pi k\delta_1$, e poniamo $D = 2\varrho + D_0$, ossia se denotiamo con D_0 la minima distanza PP_0 del punto P dalla sfera:

$$F \gtrless c\frac{\varrho^3}{(2\varrho + D_0)^2};$$

formula che può scriversi, dividendo per ϱ^2 numeratore e denominatore:

$$F \gtrless c \frac{\varrho}{\left(2 + \frac{D_0}{\varrho}\right)^2} .$$

Supponiamo di mantenere invariata la distanza D_0, e di far crescere indefinitamente il raggio ϱ della sfera. Poichè $2 + \frac{D_0}{\varrho}$ conserva un valore finito, tendendo a 2, F crescerà, con ϱ, oltre ogni limite.

Da ciò appare che non esiste nessun numero D_0, sia pur grandissimo, pel quale possa dirsi che *le masse la cui distanza da* P *supera* D_0 *esercitano in* P *un'azione trascurabile.* Fissato il valore di D_0 noi possiamo sempre considerare delle masse le cui distanze da P siano maggiori di D_0, e che pure esercitino in P un'azione $\underline{F}$ grande ad arbitrio.

5. Si potrà, ciò non ostante, pensare (tale è l'opinione dell'Arrhenius) [1] che l'attrazione esercitata sopra una massa m situata in un punto P, dalle altre infinite masse del mondo, risulti determinata per il seguente motivo:

Sia S una grande regione dello spazio, lontanissima, con ogni suo punto, dal punto P; S' la regione simmetrica rispetto a P (non sovrapposta, con alcuna sua parte, ad S). Per quella relativa uniformità, nella distribuzione della materia, che si ammette verificata, le azioni esercitate sulla massa m dalle masse che occupano le regioni S ed S', si avvicineranno a due forze uguali e contrarie, e daranno luogo, per conseguenza, ad una risultante molto piccola rispetto a ciascuna di esse. Da questa legge di compenso potrà appunto risultare determinata l'attrazione nel punto P.

Vediamo di esprimere tutto ciò più rigorosamente.

Denotiamo con σ una superficie chiusa la quale contenga nel suo interno il punto P. Sia $\underline{F_\sigma}$ l'azione esercitata sopra una massa uguale ad 1 che si trovi nel punto P, dalle masse contenute entro σ. Supponiamo di far crescere σ in modo che la minima distanza D_0 di σ da P cresca oltre ogni limite. Se la forza $\underline{F_\sigma}$ tende verso un limite $\underline{F}$ ben determinato (in grandezza, direzione e verso) potremo dire che $\underline{F}$ rappresenta l'azione esercitata *dal mondo* nel punto P.

Ora, per quanto si è veduto sopra, è evidente che *se non imponiamo a* σ *nessun'altra condizione* (oltre alla cond. lim $D_0 = \infty$), un limite finito e determinato di $\underline{F_\sigma}$ non esiste.

Infatti, per un dato valore di D_0, niente ci vieta di assumere come superficie σ quella formata della sfera σ_0 di centro P e di raggio D_0, e di un'altra sfera σ' tangente esternamente a σ_0. Ma il raggio di questa seconda sfera σ' noi possiamo prenderlo così grande che l'azione esercitata nel punto P dalle masse contenute entro σ' sia grande ad arbitrio (§ 4); quindi che anche l'azione dovuta alle masse racchiuse dalle due sfere, ossia l'attrazione totale $\underline{F_\sigma}$, sia grande ad arbitrio: mag-

[1] *Die Unendlichkeit der Welt*, Rivista di Scienza, a. 1909.

giore, per es., di αD_0, essendo α una costante determinata. Ed allora, col crescere di D_0, $\underline{F}_\sigma$ crescerà oltre ogni limite.

Il limite $\underline{F}$ di $\underline{F}_\sigma$ potrà invece esistere se alla natura geometrica della superficie σ imponiamo qualche condizione che permetta d'intervenire efficacemente a quella legge di compenso a cui abbiamo accennato.

Si presenta spontanea l'idea di assumere come superficie σ delle sfere concentriche di raggi infinitamente crescenti: noi ci poniamo così nelle condizioni più favorevoli perchè il limite di $\underline{F}_\sigma$ esista.

Due casi conviene esaminare:

1° il centro delle sfere σ è un punto fisso qualunque O; nel qual caso sarà necessario che il limite di $\underline{F}_\sigma$, se esiste, risulti anche indipendente dalla scelta di O.

2° il centro delle sfere è lo stesso punto P in cui si vuol determinare l'attrazione.

Si tratta dunque di vedere se l'attrazione $\underline{F}_\sigma$ nel punto P, tende verso un limite, quando la superficie σ è una sfera col centro in un punto fisso qualunque O, o nello stesso punto P, il cui raggio cresca indefinitamente.

6. Per fare questa ricerca converrà che le masse dei corpi celesti, anzichè concentrate in punti, le immaginiamo distribuite in regioni di dimensioni finite, con densità μ ovunque finita; e ciò affinchè l'attrazione esercitata da un corpo, o da un numero finito di corpi, non diventi, in nessun punto, infinitamente grande.

Se l'attrazione a cui dànno luogo, in un punto P, le masse che occupano una certa regione dello spazio, deve essere (almeno per ragioni grandissime e lontanissime da P) sensibilmente uguale e contraria a quella esercitata dalle masse che occupano la regione simmetrica, sarà necessario supporre che la distribuzione della materia nel mondo si avvicini alquanto ad una distribuzione con densità costante, che diremo μ_0. Posto

$$\mu = \mu_0 + \mu',$$

le masse che occupano una grande regione dello spazio, e sono distribuite con densità μ, dovranno esercitare nei punti lontani un'attrazione non molto diversa da quella che eserciterebbero se vi fossero distribuite colla densità costante μ_0.

Prendiamo a considerare una spazio finito T_0, limitato dalla superficie τ_0. Noi vogliamo esaminare l'attrazione nei punti di T_0.

Sopra una massa, per esempio eguale ad 1, che si trovi nell'interno di τ_0, le masse pure contenute entro τ_0 eserciteranno un'azione ben determinata, della quale è inutile tener conto. Si potrà quindi, per semplicità, supporre che nello spazio T_0 non si abbia alcuna massa attraente.

Nello spazio esterno S supponiamo da prima che si abbia una massa distribuita colla densità costante μ_0. È questa una distribuzione affatto ideale, ma che tuttavia ci fornirà utili indicazioni.

Sia O un punto fisso; σ una sfera di centro O e di raggio ϱ, che racchiuda nel suo interno tutto lo spazio T_0; $\underline{F}_\sigma$ l'azione esercitata in un punto qualunque P

di T_0 dalla massa contenuta entro σ: ossia dalla massa distribuita con densità μ_0 fra τ_0 e σ.

Se noi facciamo crescere il raggio ϱ di σ, veniamo ad aggiungere degli strati sferici concentrici, omogenei, i quali, come è ben noto, esercitano nello spazio interno un'azione nulla; onde la $\underline{F}_\sigma$ non varia. Il limite $\underline{F}$ di $\underline{F}_\sigma$ esiste dunque, ed è la stessa forza $\underline{F}_\sigma$. Parrebbe pertanto che l'attrazione fosse ben determinata in tutto lo spazio T_0.

Ma ora assumiamo come centro delle sfere un punto O′ diverso da O. Sia σ' una sfera di centro O′ la quale supporremo che contenga σ nel suo interno. Con un

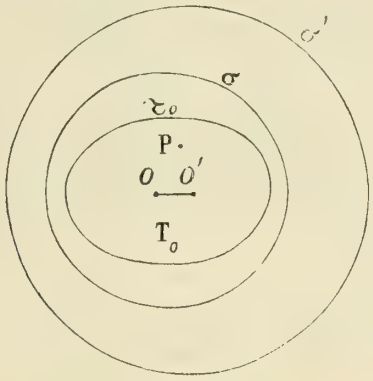


Fig. 2.

ragionamento identico al precedente dovremo concludere che in un punto qualunque P di T_0 si ha un'attrazione $\underline{F}'$ che è quella dovuta alla massa contenuta fra le superficie τ_0 e σ'.

Le due forze $\underline{F}$, $\underline{F}'$ sono eguali? In altre parole: l'attrazione, nello spazio T_0, *è indipendente dalla scelta del centro delle sfere*? Se non è indipendente non potremo dire che sia determinata.

Consideriamo la differenza

$$\underline{f} = \underline{F}' - \underline{F} .$$

La forza $\underline{f}$ è l'attrazione dovuta alla massa di densità μ_0 compresa fra le due sfere σ e σ'. Ora uno strato omogeneo, limitato da due sfere *non concentriche*, non dà luogo, nello spazio interno, a forze identicamente nulle. Al contrario, in tutti i punti dello spazio interno si ha, come è facile dimostrare (osservando che $\underline{f}$ sarà la differenza fra le attrazioni che eserciterebbero masse distribuite con densità μ_0 nelle due sfere), una forza di grandezza

$$f = \frac{4}{3}\pi\mu_0 s ,$$

ove s denota la lunghezza del segmento OO′ che congiunge i centri delle due sfere, forza avente la direzione e il verso di questo segmento.

Non è dunque $\underline{f} = 0$, nè quindi $\underline{F'} = \underline{F}$. E l'attrazione newtoniana, nello spazio T_0, non risulta determinata.

7. Si tratterebbe ora di supporre, come è in realtà, che nello spazio S, invece della densità costante μ_0, si abbia la densità $\mu_0 + \mu'$. Ma la presenza di μ' non potrà modificare sostanzialmente il risultato.

La massa compresa fra le due sfere σ e σ', di centri O ed O' darà luogo, nello spazio T_0, non più alla forza costante $\underline{f}$ dovuta a μ_0, ma ad una forza $\underline{f} + \underline{f'}$, $\underline{f'}$ essendo la componente dovuta alla massa distribuita con densità μ'.

Se l'attrazione fosse indipendente dalla posizione del centro delle sfere, col crescere dei raggi di σ e σ', $\underline{f} + \underline{f'}$ dovrebbe tendere a zero; ossia $\underline{f'}$ dovrebbe aver per limite $-\underline{f}$. Ora, non avendo alcun rapporto μ' con μ_0, non vi è nessun motivo perchè ciò accada. Piuttosto è da ritenersi che quando i raggi delle sfere σ e σ' sono grandissimi, è perciò la regione dello spazio fra esse compresa è grandissima e lontanissima da T_0, la forza $\underline{f} + \underline{f'}$ dovuta alla massa che vi si trova differisca pochissimo dalla forza $\underline{f}$ che eserciterebbe una massa distribuita con densità costante ed uguale a μ_0 (v. § prec.); che la forza $\underline{f'}$ sia dunque piccolissima, e che, passando al limite, essa tenda a zero: quindi che si abbia ancora fra le attrazioni $\underline{F'}$ ed $\underline{F}$, in un punto qualunque P di T_0, la stessa differenza costante $\underline{f}$ che si aveva nel caso precedente.

8. Esaminiamo ora l'altro caso: che cioè per determinare l'attrazione in un punto P sia convenuto di assumere come centro delle sfere *lo stesso punto* P. E notiamo che questo è forse il procedimento al quale intuitivamente si ricorre, quando si parla di attrazione esercitata sopra un corpo celeste: si pensa cioè all'attrazione esercitata dalle masse contenute entro una grande sfera *di cui quel corpo occupi il centro.*

Vediamo da prima a quale risultato conduce questo procedimento, allorchè nello spazio infinito S la materia sia distribuita colla densità costante μ_0.

L'attrazione $\underline{F}$, in un punto P di T_0, sarà, come nel caso prec., la $\underline{F_\sigma}$, ossia quella a cui dà luogo la massa contenuta fra la superficie τ_0 che limita T_0, ed una sfera σ di centro P, che racchiuda τ_0. Potremo anche considerare $\underline{F}$ come differenza fra l'attrazione $\underline{F_1}$ di una massa che riempia l'intero spazio limitato da σ, e l'attrazione $\underline{F_0}$ di una massa che riempia il solo spazio T_0 (la densità essendo sempre uguale a μ_0).

Ma l'attrazione di una sfera omogenea, nel centro della sfera è nulla. Dunque $\underline{F_1} = 0$; e perciò:

$$\underline{F} = -\underline{F_0};$$

ossia: l'attrazione $\underline{F}$, in un punto qualunque P di T_0, è quella stessa che si avrebbe se lo spazio T_0 fosse occupato da una massa distribuita con densità uguale a $-\mu_0$.

Si arriverebbe così a definire nello spazio T_0, in cui per ipotesi non si hanno masse attraenti, un campo di forze che non presenta più i caratteri dei campi di forze newtoniane negli spazî non contenenti masse. In particolare il potenziale delle forze così ottenute non soddisfa all'equazione di Laplace.

Da questo noi riconosciamo che il procedimento seguìto ci ha condotto a definire dei puri enti analitici, ai quali non può attribuirsi il significato fisico di attrazioni newtoniane.

Se poi si suppone che alla densità costante μ_0 sia aggiunta una densità variabile μ', è facile prevedere che saremo condotti a risultati ancor più lontani dal vero. Anzi in questo caso, pur facendo, come faremo, intorno a μ, una ipotesi atta a meglio definire quella relativa uniformità che supponiamo verificata, non si arriva nemmeno a dimostrare che il limite di $\underline{F_\sigma}$ esiste. Ciò appare chiaramente da quanto diciamo nel Capitolo che segue. Infatti la proiezione di $\underline{F_\sigma}$ sopra un'asse è rappresentata da un integrale estese allo spazio S nel quale la funzione sotto il segno d'integrazione, detta r la distanza del punto P da un punto Q di S, contiene al denominatore il *quadrato* di r: mentre l'esistenza del limite richiederebbe una potenza di r *non inferiore a* 3.

II.

9. Dalle considerazioni svolte sembra doversi trarre la conseguenza che non si può parlare dell'attrazione esercitata *dal mondo* sopra una massa m.

Non saprei consentire coll'opinione dell'Arrhenius, il quale, riferendosi all'analisi del Seeliger, ritiene doversi solo concludere che noi *non sappiamo calcolare l'attrazione*. Noi non sappiamo *definirla*: questo è il punto fondamentale. E se ciò non ostante vogliamo parlare d'attrazione, dobbiamo limitarci a postulare l'esistenza, per ogni punto dello spazio, di una forza $\underline{F}$ che dipende dalla posizione delle infinite masse dell'universo, e che in via d'approssimazione si può calcolare tenendo conto soltanto delle masse vicine.

Ma avendo constatato che quando si tratta di definire con precisione questa forza s'incontrano, in qualunque modo si proceda, le più gravi difficoltà, è lecito domandarsi se i fatti osservati richiedono veramente che se ne ammetta l'esistenza, o se invece quei fatti non si possano spiegare in altra maniera (pur senza troppo discostarsi dalla rappresentazione consueta) mediante equazioni nelle quali figurino elementi la cui definizione sia possibile.

L'ipotesi che può farsi ci vien suggerita dal modo come la questione si presenta in quel caso particolare che abbiamo esaminato nel § 6: quando cioè la densità è costante in tutto lo spazio S. Nello spazio T_0 l'attrazione non è determinata: essa varia, infatti, variando il centro delle sfere σ. Ma la variazione è rappresentata da un vettore $\underline{f}$ costante in tutto lo spazio T_0; dal che segue che è ben determinata, almeno se si fa la convenzione di procedere per sfere concentriche, indipenden-

temente dal punto che si assume come loro centro, la *differenza* (geometrica) fra le attrazioni in due punti di T_0.

Riferendoci a questo risultato si può supporre che nell'attrazione newtoniana si abbia una indeterminatezza analoga a quella che si riscontra costantemente nel potenziale: si può supporre cioè che non sia determinata l'attrazione esercitata sopra una massa, per esempio uguale ad 1, situata in un punto P dello spazio, ma solo la differenza fra le attrazioni esercitate sopra masse uguali ad 1, situate in due punti P, P'.

Nè contro tale ipotesi vale l'osservazione che le attrazioni nerotoniane rappresentano delle *forze*, ossia degli enti che cadono direttamente sotto i nostri sensi, e che noi possiamo valutare senz'altra indeterminatezza oltre quella che deriva dalla imperfezione degli strumenti adoperati. In realtà nelle nostre esperienze noi misuriamo sempre delle *differenze di forze*. Consideriamo, per esempio, il peso $p = m.g$ di un corpo C. Esso dipende, in primo luogo da un carattere proprio del corpo, espresso dal valore della costante m; in secondo luogo *dalla differenza fra le attrazioni unitarie relative al punto* P *in cui si trova il corpo* (idealmente ridotto ad un punto materiale) *e il centro* P' *della Terra.*

Ammettiamo infatti che le attrazioni esercitate da un corpo qualunque, ad eccezione di C e della Terra, sopra masse uguali ad 1 situate nei punti P e P', siano sensibilmente uguali, e quindi che le loro differenze si possano trascurare. Potremo allora dire — salvo a definire meglio, in seguito, la differenza fra le attrazioni unitarie in due punti dello spazio — che la differenza di attrazione unitaria fra i punti P e P' si riduce alla differenza fra le attrazioni che la Terra e il corpo C eserciterebbero sopra masse uguali ad 1, situate rispettivamente nel punto P e nel centro P' della Terra. Ora la prima forza è uguale, in grandezza, a g, e diretta da P a P'; la seconda è trascurabile rispetto alla precedente. La differenza sarà, pertanto una forza diretta da P a P' e di grandezza g. Questa forza, moltiplicata per m, ci dà il peso p del corpo, ossia precisamente quella forza che si rivela ai nostri sensi.

Noi dunque non facciamo altro che valutare (oltre alle masse dei corpi) la differenza di attrazione unitaria fra un punto della superficie terrestre, e il centro della Terra.

Estendendo l'osservazione a due corpi qualunque, di masse m ed M, situati in due punti P e P' dello spazio, e lontanissimi da tutti gli altri corpi, si vedrà che, se R è la loro distanza, la differenza fra l'attrazione unitaria nel punto P, e quella nel punto P', è la forza diretta da P a P' uguale in grandezza a

$$k \frac{M + m}{R^2};$$

ossia precisamente la quantità che interviene nel problema dei due corpi.

Più in generale si presentano le differenze dell'attrazione unitaria, tutte le volte che si esamina il movimento di un sistema di corpi celesti, *ponendo l'origine delle coordinate in uno di essi.*

10. Per definire esattamente la differenza fra le attrazioni (unitarie) in due punti dello spazio, occorre che noi fissiamo, ora, in modo preciso, quello che deve intendersi per distribuzione relativamente uniforme, o, come anche diremo, *quasi uniforme* della materia.

Riprendiamo la formula

$$\mu = \mu_0 + \mu',$$

ove μ_0 è una costante, μ' una quantità che potrà essere positiva, negativa o nulla.

Supporremo in primo luogo che μ ammetta un limite superiore finito μ_1.

Sia poi $d\mathrm{S}$ un elemento di spazio. Avremo:

$$\mu\, d\mathrm{S} = \mu_0 d\mathrm{S} + \mu'\, d\mathrm{S}.$$

Le masse $\mu' d\mathrm{S}$ potranno essere positive, negative o nulle. Ebbene, noi definiremo la distribuzione *quasi uniforme* della materia, supponendo che ad ogni elemento $d\mathrm{S}$ in cui si trovi una massa $\mu' d\mathrm{S}$ positiva, possa farsi corrispondere un elemento $d\mathrm{S}'$, in cui si trovi una massa $\mu' d\mathrm{S}'$ uguale ma negativa, in modo che la distanza l fra due elementi corrispondenti non superi mai un valore finito l_1: ipotesi, certo, alquanto restrittiva, ma che non potrebbe non esser tale se deve esprimere il fatto che la distribuzione della materia nel mondo differisce assai poco da una distribuzione uniforme.

Notiamo che se S è il volume di una sfera di raggio ϱ grandissimo rispetto ad l_1, la massa M contenuta nella sfera differirà poco da $\mu_0 \cdot \mathrm{S}$; quindi la densità media $\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{S}}$ ammetterà certamente, purchè sia $\varrho \geq \varrho_0$, e ϱ_0 abbastanza grande, un limite inferiore diverso da zero, vicinissimo anzi a μ_0: della qual condizione si è tenuto conto in principio (§ 2).

11. Ciò premesso, consideriamo due punti dello spazio P, P′. Sia O un punto qualunque a distanza finita da ambedue; σ una sfera di raggio ϱ col centro in O; $\underline{f}_\sigma$ la differenza fra le attrazioni esercitate sopra due masse uguali ad 1, situate nei punti P e P′, dalle masse contenute entro σ. Se la forza limite

$$\underline{f} = \lim_{\varrho=\infty} \underline{f}_\sigma$$

esiste ed è indipendente da O, diremo che $\underline{f}$ rappresenta la differenza d'attrazione unitaria fra i punti P e P′.

Sia T_0 une regione finita dello spazio, limitata dalla superficie τ_0, in cui si trovino i punti P e P′, e che non contenga masse attraenti. In un punto qualunque di T_0 diciamo $\mathrm{X}_\sigma, \mathrm{Y}_\sigma, \mathrm{Z}_\sigma$ le proiezioni dell'attrazione (unitaria) dovuta alle masse comprese fra τ_0 e σ.

La differenza fra le attrazioni in due punti di T_0 *infinitamente vicini* avrà per proiezioni:

$$d\mathrm{X}_\sigma = \frac{\partial \mathrm{X}_\sigma}{\partial x} dx + \frac{\partial \mathrm{X}_\sigma}{\partial y} dy + \frac{\partial \mathrm{X}_\sigma}{\partial z} dz, \text{ ecc.};$$

e da queste formule, mediante integrazioni, si potrà dedurre la differenza d'attrazione f_σ fra due punti, come P e P', *a distanza finita.*

Esaminiamo dunque le derivate prime di $X_\sigma , Y_\sigma , Z_\sigma$, rispetto alle coordinate x , y , z; e vediamo se in un punto qualunque P di T_0, col crescere di ϱ, tendono verso limiti ben determinati, indipendenti da O.

Fissata ad arbitrio l'origine, se a , b , c sono le coordinate di un punto Q dello spazio, che diremo S, compreso fra la superficie τ_0 e la sfera σ, ove si abbia la densità μ e disti di r da P; ed α , β , γ i coseni della retta PQ; sarà:

$$X_\sigma = \int_S \frac{\alpha \mu}{r^2} dS ,$$

od anche, poichè $\alpha = \frac{a - x}{r}$,

$$X_\sigma = \int_S \frac{a - x}{r^3} \mu \, dS .$$

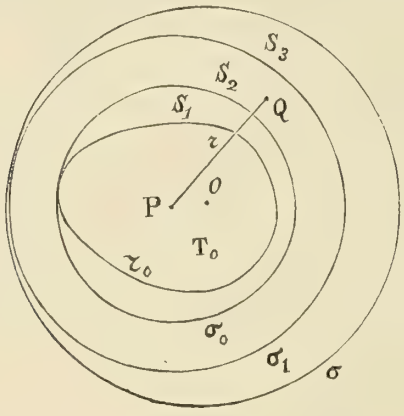


Fig. 3.

Calcoliamo, per esempio, $\frac{\partial X_\sigma}{\partial y}$. Nel secondo membro si dovrà derivare $\frac{1}{r^3}$ rispetto ad y; e troveremo, tenendo presente che $\frac{\partial r}{\partial y} = - \frac{b - y}{r} = - \beta$:

$$\frac{\partial X_\sigma}{\partial y} = 3 \int_S \frac{\alpha \beta \mu}{r^3} dS .$$

Sia σ_0 una sfera *col centro nel punto* P, e tangente esternamente a τ_0; σ_1 una sfera, pure col centro in P, e tangente internamente a σ. Diciamo S_1 , S_2 , S_3 gli spazî compresi fra τ_0 e σ_0, fra σ_0 e σ_1, fra σ_1 e σ.

L'integrale esteso ad S sarà la somma di tre integrali analoghi, estesi agli spazî S_1 , S_2 ed S_3.

Dell'integrale esteso allo spazio finito S_1, il cui valore non varia col variare di ϱ, non occorre tener conto.

Avendo poi supposto che la densità μ ammetta un limite superiore finito μ_1, la quantità $\alpha\beta\mu$ si conserverà, in valore assoluto, sempre minore di μ_1; e poichè lo spazio S_3, col crescere di ϱ, diventa infinito come la superficie σ, ossia come ϱ^2, mentre la funzione $\frac{1}{r^3}$, che possiamo anche scrivere $\left(\frac{\varrho}{r}\right)^3 \cdot \frac{1}{\varrho^3}$, diventa infinitesima come $\frac{1}{\varrho^3}$ (per grandi valori di ϱ, $\frac{\varrho}{r}$, nello spazio S_3, è sempre vicinissimo ad 1), l'integrale esteso ad S_3 tenderà a zero.

Resterà dunque da considerare soltanto l'integrale, che diremo H, esteso allo spazio compreso tra le due sfere σ_0 e σ_1, di centro P. Chiamando r_0 ed r_1 i loro raggi, e ponendo $\alpha\beta = \lambda$, potremo scrivere:

$$H = \int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{\lambda\mu}{r^3}\, dS .$$

Notiamo che nella espressione di H non figurano più elementi relativi al punto O. L'integrale esteso allo spazio S_3, che dipendeva da O, si è potuto eliminare. Se dunque il limite di H esiste, esso sarà indipendente dalla posizione di O.

Anche notiamo che, oltre a $\frac{\partial X_\sigma}{\partial y}$, noi dovremmo esaminare $\frac{\partial X_\sigma}{\partial x}$, $\frac{\partial X_\sigma}{\partial z}$, ecc. Ma l'esame di tutte queste derivate ci ricondurrebbe a considerare integrali del tipo H, nei quali λ ammette sempre, in valore assoluto, come in particolare $\alpha\beta$, un limite superiore finito λ_1. Inoltre λ verifica in tutti i casi la condizione

$$\int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{\lambda}{r^3}\, dS = 0 , \tag{3}$$

la quale, allorchè λ è uguale ad $\alpha\beta$, risulta soddisfatta per evidenti ragioni di simmetria.

Ora sono queste le sole proprietà di λ di cui dovremo tener conto. Possiamo dunque limitare il nostro esame a quello dell'integrale H.

12. Posto $\mu = \mu_0 + \mu'$, l'integrale H si potrà scindere in due parti, la prima delle quali, portato μ_0 fuori del segno d'integrazione, in virtù della formula (3) sarà nulla. Onde avremo:

$$H = \int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{\lambda\mu'}{r^3}\, dS . \tag{4}$$

Si tratta di dimostrare che, col crescere di r_1, H tende verso un limite ben determinato.

Osserviamo perciò che la quantità

$$I_n = \int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{1}{r^n}\, dS$$

si calcola facilmente per qualunque valore di n. In particolare, per $n = 3$ si trova $I_3 = 4\pi \log \frac{r_1}{r_0}$, e per $n = 4$, $I_4 = 4\pi \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1} \right)$.

Ora, se noi teniamo conto soltanto del fatto che λ ammette, in valore assoluto, il limite superiore λ_1, e μ' il limite $\mu_1 - \mu_0$ (§ 10), quindi $\alpha\mu'$ un limite che diremo η_1, non possiamo dimostrare che H tenda verso un limite. Infatti dalla formula (4) si deduce che H, in valore assoluto, non può superare $\eta_1 \cdot I_3$, ossia una quantità che, col crescere di r_1, cresce indefinitamente.

Ma μ', per ipotesi, soddisfa pure alla condizione che ad ogni massa $\mu' d\mathrm{S}$ corrisponde una massa uguale e di segno contrario, la cui distanza dalla prima non supera mai l_1.

Tenendo conto anche di questa seconda condizione si dimostra *rigorosamente* che il limite di H esiste.

Io mi limiterò, per brevità, ad accennare alla dimostrazione, senza svolgerla per disteso.

Comunque sia grande il valore di l_1, per le regioni lontanissime dal punto P, da cui si misurano le distanze r, esso sarà piccolissimo rispetto ai valori delle r: onde nel punto P tutto avverrà come se ad ogni massa lontanissima $\mu' d\mathrm{S}$ corrispondesse una massa uguale e di segno contrario, infinitamente vicina ad essa; vale a dire come se la densità, nelle regioni infinitamente lontane da P, fosse infinitesima. Da ciò segue che la funzione sotto il segno di integrazione diventa infinitesima non più come $\frac{1}{r^3}$, ma come $\frac{1}{r^4}$. L'esistenza del limite di H viene allora a dipendere dalla esistenza del limite di I_4, che col crescere di r_1, tende verso il limite finito $4\pi \frac{1}{r_0}$. Ed il limite di H esiste.

Sono per conseguenza determinate, in ogni punto P, le derivate prime di X_σ, Y_σ, Z_σ.

13. Risulta così che la differenza d'attrazione fra due punti P, P', calcolata procedendo per sfere col centro in un punto arbitrario dello spazio, e partendo dall'ipotesi che la distribuzione della materia sia *quasi uniforme*, è determinata.

Si potrebbe domandare:

Non volendo fare intorno alla densità μ nessuna ipotesi, se non che essa ammetta un limite superiore finito μ_1, nè imporre alla superficie σ alcuna condizione oltre quella che la minima distanza D_0 dei suoi punti da P e da P' cresca oltre ogni limite, come potrebbero rendersi determinate le differenze d'attrazione?

Occorrerebbe perciò modificare la legge di Newton. E basterebbe, nella formula (1), aggiungere all'esponente 2 di R una quantità ε maggiore di zero, *ma del resto piccola ad arbitrio*; od anche una funzione di R che soltanto per valori di R superiori ad un limite R_0 (grande quanto si voglia) diventasse, e si conservasse poi sempre, maggiore di una quantità positiva ε.

Non si può negare che questo risultato sia di tal natura da far nascere qualche dubbio intorno alla validità assoluta della legge di Newton. Osserverò, tuttavia, che

se non si vuol fare intorno a μ alcuna ipotesi, oltre quella relativa alla esistenza di un limite superiore finito, nè al meccanismo analitico con cui si calcolano le differenze d'attrazione unitaria imporre una restrizione (che cioè le σ siano sup. sferiche) la quale ha indubbiamente qualche cosa d'artificioso, si può ancora ritenere che, in se stessa, la legge di Newton sia valida, purchè però si supponga che l'attrazione esercitata da una massa m non arriva mai integralmente alle masse lontanissime; e ciò per un fenomeno di *assorbimento della gravitazione* (Seeliger): fenomeno che, analiticamente, dovrebbe potersi rappresentare coll'aggiunta di una picccolissima quantità positiva all'esponente 2 di R.

Si può anche pensare ad una velocità *finita* di propagazione delle azioni newtoniane: ciò che forse spiegherebbe perchè nel calcolo delle differenze d'attrazione si debba procedere per sfere concentriche.

Ma finchè dalle osservazioni non si abbia una conferma di siffatte ipotesi, sembra più opportuno limitarsi a postulare una distribuzione quasi uniforme della materia nello spazio; e *definire* le differenze d'attrazione nel modo indicato.

III.

14. Vi è un altro ordine di considerazioni le quali concorrono a farci adottare le conclusioni a cui tendiamo.

Una importante applicazione del principio di Döppler consiste nella determinazione delle *velocità radiali* delle stelle, ossia delle quantità

$$v_R = \frac{dR}{dt},$$

R denotando la distanza di una stella dalla Terra. Ora si trova che queste quantità non hanno valori estremamente grandi, ma sono dello stesso ordine di grandezza delle v_R relative, per esempio, a due corpi del nostro sistema planetario.

Ciò induce a supporre che possa esistere in ogni istante, od anche per un periodo di tempo finito e comunque grande, un limite superiore finito L dei valori assoluti delle v_R; che si abbia cioè:

$$\left|\frac{dR}{dt}\right| \leqq L, \tag{5}$$

per qualunque coppia di corpi celesti, anche se lontanissimi uno dall'altro.

Ammettiamo che sia verificata questa ipotesi; e vediamo a quale conseguenza essa conduce (1).

Consideriamo tre corpi celesti P_0, P, P'. Sia

$$P_0P = R \ , \ P_0P' = R' \ , \ PP' = R''.$$

(1) V. Enriques, *Problemi della Scienza*, pag. 398.

Supponiamo $R \leqslant R'$. Diciamo poi θ l'angolo PP_0P', ξ la proiezione P_0Q di P_0P sopra la direzione P_0P'. Sarà

$$\xi = R\cos\theta,$$
$$R''^2 = R^2 + R'^2 - 2RR'\cos\theta;$$

quindi:

$$2R'\xi = R^2 + R'^2 - R''^2.$$

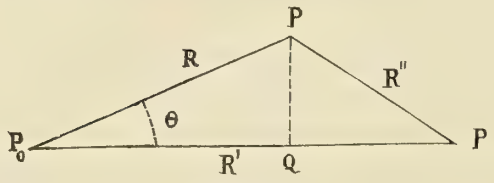


Fig. 4.

Deriviamo rispetto al tempo. Avremo, tolto il fattore comune 2:

$$\xi\frac{dR'}{dt} + R'\frac{d\xi}{dt} = R\frac{dR}{dt} + R'\frac{dR'}{dt} - R''\frac{dR''}{dt};$$

da cui:

$$\frac{d\xi}{dt} = -\frac{\xi}{R'}\frac{dR'}{dt} + \frac{R}{R'}\frac{dR}{dt} + \frac{dR'}{dt} - \frac{R''}{R'}\frac{dR''}{dt}.$$

Per la formula (5) i valori assoluti delle velocità radiali $\frac{dR}{dt}, \frac{dR'}{dt}, \frac{dR''}{dt}$ non dovranno superare il limite L. Esaminiamo i loro coefficienti. Si è supposto $R \leqslant R'$; onde il valore di $\frac{R}{R'}$, come pure il valore assoluto di $\frac{\xi}{R'}$, ossia di $\frac{R}{R'}\cos\theta$, non sarà superiore ad 1. Si avrà poi, come in qualunque triangolo, $R'' \leqslant R + R'$; e per essere $R \leqslant R'$: $R'' \leqslant 2R'$; quindi $\frac{R''}{R'} \leqslant 2$.

Noi potremo per conseguenza assegnare un limite superiore finito L_1 al valore assoluto di tutto il secondo membro dell'equazione precedente, e scrivere:

$$\left|\frac{d\xi}{dt}\right| \leqslant L_1.$$

Ora dalla $\xi = R\cos\theta$ si ricava:

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{dR}{dt}\cos\theta - R\,\mathrm{sen}\,\theta\frac{d\theta}{dt};$$

e da questa

$$\mathrm{sen}\,\theta\frac{d\theta}{dt} = \frac{\frac{dR}{dt}\cos\theta - \frac{d\xi}{dt}}{R}.$$

Poichè ciascuna delle tre quantità $\frac{dR}{dt}$, $\cos\theta$, $\frac{d\xi}{dt}$ ammette, in valore assoluto, un

limite superiore finito, ammetterà un limite superiore finito L_2 anche il valore assoluto di $\frac{d\mathrm{R}}{dt}\cos\theta - \frac{d\xi}{dt}$. E si avrà:

$$\left|\operatorname{sen}\theta\,\frac{d\theta}{dt}\right| \leqq \frac{L_2}{\mathrm{R}}\,.$$

Per valori grandissimi di R, quindi anche di R′ ($\mathrm{R} \leqq \mathrm{R}'$), $\operatorname{sen}\theta\,\frac{d\theta}{dt}$ sarà dunque, in valore assoluto, piccolissimo. Passando al caso limite, potremo dire che se i due corpi P e P′ sono *a distanza infinita* da P_0, si ha $\operatorname{sen}\theta\,\frac{d\theta}{dt} = 0$, e perciò $\frac{d\theta}{dt} = 0$, a meno che non sia $\operatorname{sen}\theta = 0$; vale a dire che *l'angolo* θ *si conserva costante.*

La restrizione relativa a θ si toglie facilmente. Se infatti le rette P_0P, P_0P' formano un angolo uguale a zero, o a 180°, consideriamo tre altre rette P_0P_1, P_0P_2, P_0P_3 congiungenti il punto P_0 con punti infinitamente lontani, le quali formino tra loro, e colle precedenti, angoli diversi da zero e da 180°. Tutti questi angoli si conserveranno costanti: quindi ancora l'angolo compreso fra P_0P e P_0P'.

Ne concludiamo che tutti gli angoli formati dalle rette congiungenti un corpo celeste P_0 con corpi infinitamenti lontani si conservano costanti. Tali rette saranno poi parallele alle rette che congiungono un altro corpo qualunque P_0', situato a distanza finita da P_0, cogli stessi corpi infinitamente lontani.

Per convenzione chiameremo *fisse* le direzioni delle rette ora considerate, come pure quelle di tutte le rette che formano colle precedenti angoli costanti. E denoteremo con **a** queste direzioni.

La ipotesi espressa dalla formula (5) porta dunque a definire certe direzioni **a**. Notiamo che in un istante determinato qualunque direzione r può essere considerata come una direzione **a**: il dire che r è una direzione **a** ha senso in quanto si considera un tempo finito; e significa che non variano gli angoli da essa formati colle rette che congiungono un corpo P_0 con i corpi infinitamente lontani.

Dalle osservazioni sappiamo che gli angoli formati dalle rette congiungenti la Terra con i corpi celesti più lontani subiscono variazioni estremamente piccole. Si ha in questo fatto una conferma della ipotesi (5). In via di approssimazione potremo considerare le direzioni di quelle rette come direzioni **a**.

15. Sia P_0 un corpo celeste, P un altro corpo celeste, distante di R da P_0, r la retta congiungente P_0 con un corpo lontanissimo P′, ξ la proiezione di P_0P sopra r. Si è veduto che $\frac{d\xi}{dt}$ ammette, in valore assoluto, un limite superiore L_1. Ciò varrà anche nel caso limite che P′ sia infinitamente lontano, vale a dire che r sia una direzione **a**.

Consideriamo ora tre direzioni **a**, fra loro ortogonali, $\mathbf{a}_x$, $\mathbf{a}_y$, $\mathbf{a}_z$, uscenti da P_0; e siano x, y, z le proiezioni del segmento P_0P su queste direzioni. I valori assoluti di $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ non potranno superare L_1. Quindi anche la grandezza del vet-

tore $\underline{V}$ di cui $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ sono le proiezioni sopra $\mathbf{a}_x, \mathbf{a}_y, \mathbf{a}_z$, ammetterà un limite superiore finito V: il qual limite sarà, d'altronde, lo stesso L_1; se infatti assumiamo, per es., come direzione $\mathbf{a}_x$ la direzione parallela a $\underline{V}$, e che ha lo stesso verso, sarà $V = \frac{dx}{dt}$.

Ciò si esprimerà dicendo:

Rispetto ad un sistema di assi aventi l'origine in un corpo celeste qualunque P_0, *e costantemente orientati secondo direzioni* **a**, *le velocità di tutti gli altri corpi celesti sono finite, e non superano in grandezza un valore* **V**.

La velocità di P possiamo decomporla nella velocità *radiale* $v_R = \frac{dR}{dt}$, e nella velocità *normale* $v_N = R\omega$, ω essendo la velocità angolare di rotazione della retta P_0P. Nè l'una nè l'altra di queste velocità potrà, in valore assoluto, superare V; sarà cioè:

$$\left|\frac{dR}{dt}\right| \leqq V, \tag{6}$$

$$|\omega| \leqq \frac{V}{R}. \tag{7}$$

La prima di queste formule equivarrà alla (5), a cui potremo sostituirla. La seconda assegna un limite superiore alle velocità angolari (rispetto alle direzioni **a**) per dati valori delle distanze R.

16. Delle cose qui esposte, quello che a noi interessa soprattutto tener presente è la possibilità di definire certe direzioni **a** che possiamo chiamare, ed abbiamo convenuto di chiamare *fisse*.

Non apparisce invece, come conseguenza delle nostre ipotesi, la possibilità di attribuire un significato alle parole *punto fisso*, o *punto che si muove di moto rettilineo uniforme*.

Non risulta quindi definita la velocità assoluta, o l'accelerazione assoluta di un punto; è invece definita la differenza fra le velocità o le accelerazioni di due punti, se noi conveniamo di valutare queste differenze riferendoci ad assi orientati secondo direzioni **a**.

Infatti su queste differenze non influisce la scelta dell'origine. E quanto alle direzioni degli assi, poichè tutte le direzioni **a** formano tra loro angoli costanti, se, mantenendo fissa l'origine, noi passiamo da un sistema di assi orientato secondo direzioni **a**, ad un altro sistema pure orientato secondo direzioni **a**, gli assi di questo secondo sistema formeranno angoli costanti cogli assi del primo; onde le velocità e le accelerazioni dei punti, quindi anche le loro differenze, saranno rappresentate, rispetto all'uno e all'altro, dagli stessi vettori.

IV.

17. Riferiamoci ad un sistema di assi orientati secondo direzioni **a**, assumendo come origine un punto arbitrario.

Siano P_1 e P_2 due corpi celesti.

Sarà determinatata, in ogni istante, la differenza fra l'accelerazione del punto P_2 e quella del punto P_1 (indipendentemente dalla scelta della origine).

Così pure, sarà determinata la differenza fra l'attrazione (unitaria) nel punto P_2, e quella nel punto P_1.

Ammetteremo che in ogni istante, e per qualunque coppia di corpi come P_1 *e* P_2, *questi due vettori siano uguali.*

Se x_1, y_1, z_1, e x_2, y_2, z_2 sono le coordinate dei due punti, posto

$$x_{12} = x_2 - x_1 \quad , \quad y_{12} = y_2 - y_1 \quad , \quad z_{12} = z_2 - z_1 ,$$

la differenza fra le accelerazioni avrà per proiezioni sugli assi coordinati:

$$\frac{d^2x_{12}}{dt^2} , \frac{d^2y_{12}}{dt^2} , \frac{d^2z_{12}}{dt^2} .$$

Denotiamo con

$$X_{12} , Y_{12} , Z_{12}$$

le proiezioni della differenza fra le attrazioni. Dovrà essere:

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} \dfrac{d^2x_{12}}{dt^2} = X_{12} , \\ \dfrac{d^2y_{12}}{dt^2} = Y_{12} , \\ \dfrac{d^2z_{12}}{dt^2} = Z_{12} . \end{cases}$$

Si hanno così delle equazioni le quali non richiedono, per ciò che riguarda il riferimento, se non la determinazione delle *direzioni* degli assi, che abbiamo supposto siano direzioni **a**. E queste direzioni noi le abbiamo potute definire ammettendo verificata la condizione:

$$\left| \frac{d\mathrm{R}}{dt} \right| < \mathbf{V} .$$

Ma è da notare che le direzioni **a**, così definite, non presentano affatto il carattere di direzioni *privilegiate* nel senso che si è convenuto di dare a queste parole: non sono cioè qualche cosa che regola il movimento, per dir così, *dal di fuori*, o che *preesiste* al movimento; ma sono determinate, in ogni istante, dal movimento stesso.

18. Eliminato, in tal modo, dalle equazioni del movimento, tutto ciò che vi era d'indefinibile (accelerazioni assolute, attrazioni assolute) rimane a vedersi per qual motivo, esaminando il moto dei corpi celesti, appariscono verificate le equazioni (I).

Consideriamo perciò un sistema S formato di un numero finito di corpi. Sia O il baricentro del sistema; σ_0 la minima sfera che racchiude tutto il sistema; entro la quale supporremo non si trovino altri corpi celesti.

Per determinare la differenza d'attrazione unitaria fra due corpi come P_1 e P_2 del sistema S, noi dovremo fissare un punto, che potrà essere lo stesso baricentro O, e detta σ una sfera di centro O e di raggio ϱ, calcolare la differenza d'attrazione tenendo conto soltanto delle masse contenute entro σ; poi tendere al limite, facendo crescere ϱ indefinitamente.

Poichè il limite esiste, a meno di un errore piccolo ad arbitrio potremo arrestarci ad una grande sfera σ_1 di raggio ϱ_1.

Ora supponiamo che fuori della sfera σ_0 non esistano corpi celesti se non a distanze, da σ_0, grandissime rispetto al diametro di σ_0. Potrà allora accadere che le masse situate fuori della sfera σ_0 non portino un contributo apprezzabile nelle quantità che vogliamo calcolare: in altre parole potrà accadere che le differenze di attrazione fra due corpi del sistema S si ottengano con sufficiente approssimazione *tenendo conto soltanto dei corpi di* S.

Ciò è quanto dire che noi potremo assumere come valori delle quantità X_{12}, Y_{12}, Z_{12} (proiezioni della differenza d'attrazione unitaria) quelli dati dalle formule:

$$X_{12} = \frac{X_2}{m_2} - \frac{X_1}{m_1}, \text{ ecc.},$$

essendo m_1 ed m_2 le masse dei due corpi, X_1, Y_1, Z_1, ed X_2, Y_2, Z_2 le proiezioni delle forze (effettive, non unitarie) esercitate, sopra P_1 e P_2 rispettivamente, *dagli altri corpi di* S.

Le equazioni (II) (§ prec.), posto $x_{12} = x_2 - x_1$, ecc., diventeranno:

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} - \frac{d^2x_1}{dt^2} = \frac{X_2}{m_2} - \frac{X_1}{m_1}, \text{ ecc.},$$

ovvero:

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} - \frac{X_2}{m_2} = \frac{d^2x_1}{dt^2} - \frac{X_1}{m_1}.$$

Poichè P_2 e P_1 sono due corpi qualunque di S, queste formule ci dicono che, in ogni istante, le differenze

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \frac{X}{m}, \quad \frac{d^2y}{dt^2} - \frac{Y}{m}, \quad \frac{d^2z}{dt^2} - \frac{Z}{m},$$

sono le stesse per tutti i corpi di S. Denotandole con a_0, b_0, c_0 avremo:

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \frac{X}{m} = a_0, \text{ ecc.},$$

ossia:

$$(8) \qquad m\frac{d^2x}{dt^2} = X + ma_0, \text{ ecc.}$$

Tutto ciò vale qualunque sia l'origine degli assi. Supponiamo ora di assumere come origine il baricentro di S. Dall'equazione scritta si ricava, sommando, ed estendendo la somma a tutti i corpi di S:

$$\Sigma m\frac{d^2x}{dt^2} = \Sigma X + a_0\,\Sigma m\,.$$

Ma $\Sigma m\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2}\Sigma mx = 0$ (appunto per essere l'origine nel baricentro); inoltre $\Sigma X = 0$, poichè le forze, a due a due, sono uguali e contrarie. Dovrà quindi essere $a_0 = 0$, e così pure $b_0 = 0$, $c_0 = 0$. E le equazioni (8) diventeranno:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X, \text{ ecc.},$$

assumeranno cioè la forma (I). Onde potremo concludere:

Le equazioni (I), *per i corpi del sistema* S, *sono verificate rispetto ad un sistema di assi aventi l'origine nel baricentro di* S, *e orientati secondo direzioni* a, *purchè nel computo della forza agente sopra un corpo di* S *si tenga conto soltanto delle attrazioni esercitate dagli altri corpi dello stesso sistema.*

Questo, e soltanto questo, risulta dalle osservazioni: per esempio se S rappresenta il nostro sistema solare.

In generale, per un sistema come S, e che potremo chiamare *isolato*, si arriva dunque, partendo dalle (II), a stabilire le equazioni (I): ma vi si arriva tenendo conto di circostanze speciali in cui il sistema si trova: precisamente del fatto che il sistema S *è lontanissimo da tutti gli altri corpi celesti.* Se ciò non fosse, noi non potremmo, per *qualunque* coppia di corpi del sistema calcolare le differenze d'attrazione computando soltanto le azioni esercitate *dai corpi del sistema stesso.* E il procedimento seguìto cadrebbe in difetto.

Se esistono nel mondo — come certamente esistono — altri sistemi i quali, con approssimazione più o meno grande, possano considerarsi isolati (sistemi planetarii, sistemi costituiti da un pianeta e dai suoi satelliti, sistemi di stelle multiple, ecc.), anche per essi varranno le equazioni (I) rispetto a sistemi di assi, sempre orientati secondo direzioni a, *e aventi le origini nei rispettivi baricentri*: ma ciò non significa che debba esistere un sistema rispetto al quale le equazioni (I) siano verificate *da tutti i corpi dell'universo.* Al contrario, le difficoltà, forse insormontabili, che s'incontrano quando si vogliono definire sia le accelerazioni assolute, sia le attrazioni assolute, inducono a pensare che le equazioni (I) valgano soltanto (e in via d'approssimazione) per i *sistemi isolati.*

V.

19. Sia S un sistema formato da un numero finito di punti materiali. La sua configurazione varii col tempo: siano, cioè, le mutue distanze fra i punti di S funzioni del tempo. Consideriamo un sistema di assi $O(\xi, \eta, \zeta)$ determinati, in ogni istante, dalla configurazione del sistema S: gli assi principali d'inerzia relativi al baricentro. La forza viva di S, rispetto al sistema $O(\xi, \eta, \zeta)$ avrà, in ogni istante, un valore W_0. Rispetto ad un altro sistema di assi, mobile relativamente al primo, essa avrà, in generale, un valore diverso W. E noi ci possiamo proporre di determinare un sistema rispetto al quale la forza viva W sia, in ogni istante, *minima*.

Incominciamo dall'osservare che se $O(x, y, z)$ è un sistema di assi coll'origine nel baricentro, $O'(x, y, z)$ un secondo sistema di assi paralleli ai precedenti, ma coll'origine in un altro punto qualunque O', detta W la forza viva rispetto al primo sistema, W' rispetto al secondo, V_0 la velocità del punto O' rispetto al primo, M la massa totale di S, si ha:

$$W' = W + \frac{1}{2} M V_0^2,$$

quindi $W' \geq W$. Volendo pertanto ricercare il sistema di minima forza viva, basterà che noi consideriamo i sistemi che hanno il baricentro per origine.

Se v_x, v_y, v_z sono le proiezioni, sugli assi $O(x, y, z)$, della velocità $\underline{V}$ di un punto P di S, nel suo movimento rispetto al sistema $O(x, y, z)$, sarà

$$W = \frac{1}{2} \Sigma m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2),$$

od anche

$$W = \frac{1}{2} \Sigma m (v_\xi^2 + v_\eta^2 + v_\zeta^2), \tag{9}$$

essendo v_ξ, v_η, v_ζ le proiezioni sugli assi $O(\xi, \eta, \zeta)$ della stessa velocità $\underline{V}$ nel movimento relativo al sistema $O(x, y, z)$. Ricordiamo che si ha:

$$\left\{ \begin{aligned} v_\xi &= \frac{d\xi}{dt} + q\zeta - r\eta, \\ v_\eta &= \frac{d\eta}{dt} + r\xi - p\zeta, \\ v_\zeta &= \frac{d\zeta}{dt} + p\eta - q\xi, \end{aligned} \right. \tag{10}$$

dove p, q, r denotano le proiezioni sugli assi $O(\xi, \eta, \zeta)$ della rotazione di questo sistema di assi rispetto al sistema $O(x, y, z)$.

Per dati valori delle coordinate ξ, η, ζ e delle loro derivate rispetto al tempo, W sarà funzione dei tre parametri p, q, r. Affinchè W risulti minima dovrà quindi essere:

$$\frac{\partial W}{\partial p} = \frac{\partial W}{\partial q} = \frac{\partial W}{\partial r} = 0 .$$

Ma dalla formula (9) si ha:

$$\frac{\partial W}{\partial p} = \Sigma m \left(v_\xi \frac{\partial v_\xi}{\partial p} + v_\eta \frac{\partial v_\eta}{\partial p} + v_\zeta \frac{\partial v_\zeta}{\partial p} \right) ;$$

e dalla (10):

$$\frac{\partial v_\xi}{\partial p} = 0 \quad , \quad \frac{\partial v_\eta}{\partial p} = -\zeta \quad , \quad \frac{\partial v_\zeta}{\partial p} = \eta .$$

Onde l'equazione $\frac{\partial W}{\partial p} = 0$, potrà scriversi:

$$\Sigma m(\eta v_\zeta - \zeta v_\eta) = 0 ; \tag{11}$$

e in modo analogo le altre.

Sostituendo a v_η e v_ζ le loro espressioni date dalle formule (10), e ordinando, avremo:

$$\Sigma m \left(\eta \frac{d\zeta}{dt} - \zeta \frac{d\eta}{dt} \right) + p \Sigma m(\eta^2 + \zeta^2) - q \Sigma m \eta \xi - r \Sigma m \zeta \xi = 0 ;$$

da cui, osservando che i coefficienti di $-q$ e $-r$ sono nulli, per essere $O(\xi, \eta, \zeta)$ assi principali d'inerzia, e risolvendo rispetto a p, si ricava:

$$p = - \frac{\Sigma m \left(\eta \frac{d\zeta}{dt} - \zeta \frac{d\eta}{dt} \right)}{\Sigma m(\eta^2 + \zeta^2)} .$$

Espressioni analoghe si avranno per q ed r.

Nota, in un istante qualunque, la rotazione (p, q, r), e fissata, ad arbitrio, in un certo istante, l'orientazione degli assi $O(x, y, z)$, questi risulteranno determinati per tutta la durata del movimento.

Rispetto agli assi $O(x, y, z)$, come a qualunque altro sistema di assi che formino coi precedenti angoli costanti, la forza viva sarà dunque minima.

Tutte le direzioni che formano angoli costanti cogli assi $O(x, y, z)$ le chiameremo *direzioni di minima forza viva.*

La formula (11), e le altre due analoghe, ci dicono che nel movimento di S rispetto al sistema $O(x, y, z)$ (al qual movimento si riferisce la velocità $\underline{V}$ di cui v_ξ, v_η, v_ζ sono proiezioni) il momento della coppia di quantità di moto è nullo. La stessa proprietà è espressa dalle formule

$$A_x = A_y = A_z = 0 ,$$

ove sia:

$$A_x = \Sigma m \left(y \frac{dz}{dt} - z \frac{dy}{dt} \right), \text{ ecc.}$$

20. Consideriamo ora un sistema S di corpi celesti *isolato*. Dalle equazioni (II) si può passare alle (I) assumendo come origine degli assi il baricentro del sistema (§ 18); gli assi devono poi essere orientati secondo direzioni **a**.

Dalle equazioni (I) si ricava, come è ben noto, che le quantità A_x, A_y, A_z del § prec. conservano valori costanti (*costanti delle aree*). Sia in particolare $A_x = A_y = A_z = 0$. Per le cose dette precedentemente, gli assi rispetto ai quali sussistono le equazioni (I) saranno allora assi di *minima forza viva* per il sistema S. E noi potremo dire, riferendoci alle equazioni (II):

Il movimento dei corpi di S *avviene in modo che in ogni istante sono verificate le equazioni* (II) *rispetto alle direzioni di minima forza viva per lo stesso sistema.*

Le differenze d'attrazione s' intendono calcolate tenendo conto soltanto delle mutue azioni fra i corpi di S. In questo caso, dunque, il movimento dei corpi del sistema S si può rappresentare mediante equazioni nelle quali i corpi estranei non intervengono nè per ciò che riguarda le azioni newtoniane, nè per ciò che riguarda l'orientamento degli assi.

È superfluo notare che per un sistema isolato non sarà, in generale $A_x = A_y = A_z = 0$.

21. Rappresenti P_0 un corpo celeste. Consideriamo un sistema di assi aventi l'origine nel punto P_0, e orientati secondo direzioni **a**. Rispetto a questo sistema tutti i corpi celesti, in particolare i corpi infinitamente lontani da P_0, hanno (se le nostre ipotesi rispondono al vero) velocità finite ed inferiori ad un limite V (§ 15).

Invece, rispetto ad un altro sistema che abbia pure l'origine in P_0, ma ruoti relativamente al primo, i corpi infinitamente lontani da P_0 avranno velocità infinitamente grandi.

La forza viva del mondo sarà infinita rispetto ad ambedue i sistemi. Ma se noi diciamo W_σ e W'_σ le forze vive, rispetto all'un sistema e all'altro, delle masse contenute entro una sfera σ di centro P_0 e di raggio ϱ, col crescere di ϱ W'_σ diventerà infinita di un ordine superiore a W_σ.

In questo senso potremo dire (poichè il fatto sussiste qualunque sia il corpo P_0 assunto come origine) che *le direzioni* **a** *rappresentano per il mondo direzioni di minima forza viva.*

Si potrà allora enunciare la legge del movimento dei corpi celesti dicendo che *per due corpi qualunque* P_1 e P_2 *sono verificate le equazioni* (II) *rispetto a direzioni che rappresentano direzioni di minima forza viva per il mondo.*

Come si vede, quel particolare movimento di un sistema isolato, che abbiamo esaminato avanti, ci fornisce, in qualche modo, una immagine del movimento di tutti i corpi dell'universo.

VI.

22. Tutto quello che abbiamo detto intorno ai sistemi isolati è vero soltanto in via di approssimazione. Dalle equazioni (II), nel caso di un sistema isolato, si può passare alle equazioni (I), purchè si trascurino le differenze di attrazione dovute ai corpi estranei al sistema: le quali potranno essere estremamente piccole, ma non saranno, in generale, identicamente nulle.

Indipendentemente, poi, dalle attrazioni newtoniane, sopra i corpi di un sistema S i corpi non appartenenti al sistema esercitano sempre un'azione, in quanto determinano le direzioni per cui valgono le equazioni (II), che sono direzioni di minima forza viva *per il mondo*, se anche, in casi particolari, potranno risultare direzioni di minima forza viva per lo stesso sistema S.

In questo fatto noi dobbiamo riconoscere un'azione esercitata sul sistema S dai corpi estranei al sistema, *di natura diversa dalle azioni newtoniane.*

Consideriamo, per esempio, i corpi del nostro sistema solare. Quand'anche non si notasse la più piccola divergenza fra i dati dell'osservazione, e le conseguenze a cui conducono le equazioni (I), computate le forze trascurando le attrazioni dei corpi non appartenenti al sistema, noi dovremmo, ciò non ostante, ritenere che questi corpi esercitano una qualche azione sul sistema solare: infatti noi notiamo che certe direzioni le quali sono legate ai movimenti dei corpi del sistema, in quanto rispetto ad esse, e soltanto rispetto ad esse, sussistono le equazioni (I), incontrano costantemente (a meno di piccole variazioni), fuori del sistema, gli stessi corpi celesti.

Non altrimenti, in sostanza, noi ragioniamo, allorchè, per esempio, avendo constatato che sopra un corpo C agisce una forza sempre diretta verso un corpo C', diciamo che C' *esercita un'azione sopra* C.

Nelle equazioni (II) (come nelle (I) che da esse derivano) non figurano termini relativi a queste azioni, di natura diversa dalle attrazioni newtoniane, delle quali implicitamente si tien conto quando, fissata l'attenzione sopra due corpi P_1 e P_2, si ammette che le equazioni stesse siano verificate rispetto alle direzioni **a**, ossia rispetto a direzioni individuate dalle posizioni e dai movimenti di tutti i corpi dell'universo, essenzialmente dei corpi infinitamente lontani, dei quali le azioni newtoniane sono trascurabili.

Ma si possono porre le equazioni del movimento sotto una forma tale che quei termini appariscano in modo esplicito.

Basta perciò, invece delle coordinate, o delle differenze fra le coordinate, farvi intervenire altre quantità che abbiano un rapporto più diretto col fenomeno reale: precisamente *le mutue distanze fra i corpi.*

Diciamo α, β, γ i coseni di direzione del segmento $P_1 P_2$, R la sua lunghezza. Sarà:

$$x_{12} = R\alpha \quad , \quad y_{12} = R\beta \quad , \quad z_{12} = R\gamma .$$

Quindi:

$$\frac{d^2x_{12}}{dt^2} = \frac{d^2R}{dt^2}\alpha + 2\frac{dR}{dt}\frac{d\alpha}{dt} + R\frac{d^2\alpha}{dt^2}, \text{ ecc.}$$

Sostituiamo nelle equazioni (II); moltiplichiamo ordinatamente per α, β, γ; e sommiamo, osservando che

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1,$$

$$\alpha\frac{d\alpha}{dt} + \beta\frac{d\beta}{dt} + \gamma\frac{d\gamma}{dt} = 0.$$

Avremo:

$$\frac{d^2R}{dt^2} + R\left(\alpha\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \beta\frac{d^2\beta}{dt^2} + \gamma\frac{d^2\gamma}{dt^2}\right) = X_{12}\alpha + Y_{12}\beta + Z_{12}\gamma.$$

Poniamo:

$$\omega^2 = -\left(\alpha\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \beta\frac{d^2\beta}{dt^2} + \gamma\frac{d^2\gamma}{dt^2}\right), \tag{12}$$

$$f'_R = X_{12}\alpha + Y_{12}\beta + Z_{12}\gamma,$$

$$f''_R = R\omega^2.$$

Sarà:

$$\frac{d^2R}{dt^2} = f'_R + f''_R.$$

Ricordiamo il significato di ω. Denotiamo perciò con $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ i coseni di direzione del segmento P_1P_2 al tempo t_0. E poniamo

$$\cos\theta = \alpha_0\alpha + \beta_0\beta + \gamma_0\gamma,$$

diciamo, cioè, θ l'angolo di cui ruota (rispetto agli assi coordinati, ossia alle direzioni a) il segmento P_1P_2 nel tempo $t - t_0$. Derivando rispetto al tempo l'equazione precedente avremo:

$$-\operatorname{sen}\theta\frac{d\theta}{dt} = \alpha_0\frac{d\alpha}{dt} + \beta_0\frac{d\beta}{dt} + \gamma_0\frac{d\gamma}{dt};$$

e derivando ancora una volta:

$$-\cos\theta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 - \operatorname{sen}\theta\frac{d^2\theta}{dt^2} = \alpha_0\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \beta_0\frac{d^2\beta}{dt^2} + \gamma_0\frac{d^2\gamma}{dt^2}.$$

Facciamo ora tendere $t - t_0$ a zero: poniamo cioè $\cos\theta = 1$, $\operatorname{sen}\theta = 0$, $\alpha_0 = \alpha$, ecc. Sarà

$$-\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = \alpha\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \beta\frac{d^2\beta}{dt^2} + \gamma\frac{d^2\gamma}{dt^2};$$

e per la formula (12):

$$\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = \omega^2 ;$$

quindi, in valore assoluto:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} .$$

Dunque ω rappresenta (al tempo t_0 che è, d'altronde, un istante qualunque) la velocità angolare di rotazione del segmento $P_1 P_2$ rispetto alle direzioni **a**.

23. Esaminiamo l'equazione

$$\frac{d^2R}{dt^2} = f'_R + f''_R . \tag{13}$$

Il termine f'_R è la proiezione, sulla retta $P_1 P_2$, della differenza fra le attrazioni nei punti P_1 e P_2. Esso dipende dunque (oltrechè dalle masse dei corpi) dalle loro mutue distanze R.

Invece il termine $f''_R = R\omega^2$ dipende dalla lunghezza del segmento $P_1 P_2$, e dalla sua velocità angolare: dipende dunque dalle R e dalle $\frac{dR}{dt}$. Se infatti al tempo t supponiamo di conoscere tutte le R e tutte le $\frac{dR}{dt}$, conosceremo tutte le R anche al tempo $t + dt$ (a meno d'infinitesimi d'ordine superiore); quindi conosceremo di quanto ha variato, nel tempo dt, un angolo qualunque $P_2 P_1 P_3$: in particolare, di quanto ha variato l'angolo formato dalla retta $P_1 P_2$ colle rette congiungenti il punto P_1 con i punti infinitamente lontani; e perciò la velocità angolare ω, al tempo t, del segmento $P_1 P_2$.

Dunque le equazioni come la (13), relative a tutte le coppie di punti, essendo note al tempo t le R e le $\frac{dR}{dt}$, ci fanno conoscere, pure al tempo t, le $\frac{d^2R}{dt^2}$, quindi le $\frac{dR}{dt}$ anche al tempo $t + dt$. Avremo così al tempo $t + dt$ gli stessi dati che avevamo al tempo t. E potremo pertanto considerare queste equazioni come atte a farci conoscere in qual modo varia col tempo la *configurazione* dell'universo.

24. Poniamo, come al § 14,

$$v_R = \frac{dR}{dt} ;$$

ed inoltre

$$f_R = f'_R + f''_R .$$

Sarà

$$\frac{dv_R}{dt} = f_R ,$$

ovvero:

$$dv_R = f_R \, . \, dt \, .$$

Potremo chiamare, ora, le v_R *velocità di allontanamento*.

Finchè si considerano le coordinate dei corpi, l'azione del mondo sopra un corpo P si manifesta in quanto essa modifica la sua velocità; e si presenta, nelle equazioni (I), come un'azione newtoniana.

Se invece — come appare più conforme alla natura del fenomeno — si considerano le *distanze* fra i corpi, l'azione del mondo sopra due corpi P_1, P_2 si manifesta *in quanto modifica la loro velocità d'allontanamento*.

Questa azione per il tempo dt è rappresentata da $f_R \, . \, dt$: ma noi potremo chiamare *azione* (azione unitaria, ridotta cioè all'unità di tempo) la quantità finita f_R.

Ora f_R risulta di due parti: f'_R ed f''_R. La f'_R è l'azione newtoniana: ad essa si aggiunge la f''_R.

L'azione f'_R dipende dalle *posizioni* che hanno, al tempo t, i corpi P_1 e P_2 rispetto al mondo.

L'azione f''_R dipende, oltrechè dalla lunghezza R del segmento $P_1 P_2$, dal suo *stato di movimento*, precisamente dalla sua velocità angolare di rotazione rispetto alle direzioni **a**, o *rispetto al mondo*, come anche possiamo dire.

Potremmo chiamare forze tanto le f'_R quanto le f''_R. Ma per non dare alla parola *forza* un significato diverso dal consueto, diremo che le f'_R rappresentano *azioni dinamiche*, le f''_R *azioni cinetiche*.

Se noi pensiamo ad un meccanismo nascosto da cui abbiano origine le attrazioni newtoniane f'_R, possiamo analogamente pensare ad un meccanismo da cui abbiano origine le f'_R: ad un meccanismo il quale, allorchè un segmento $P_1 P_2$ ruota rispetto al mondo, reagisce obbligando la velocità v_R a subire un accrescimento.

Sarebbero appunto queste azioni cinetiche le azioni di natura diversa dalle attrazioni newtoniane, che si esercitano fra i corpi.

VII.

25. La supposizione che non esista un sistema $O(x, y, z)$ rispetto al quale le equazioni (I) siano verificate da tutti i corpi dell'universo potrà ricevere una conferma dall'osservazione diretta dei movimenti dei corpi celesti?

Torniamo a considerare un sistema isolato S: rispetto al diametro della sfera σ_0 che racchiude l'intero sistema, sono grandissime, per ipotesi, le distanze da S di tutti gli altri corpi celesti.

Ciò non esclude che il sistema S possa appartenere, alla sua volta, ad un sistema, pure isolato, S, che comprenda, oltre a quelli di S, un gran numero di altri corpi: che esista cioè una seconda sfera Σ_0 la quale racchiuda un sistema S, di cui S faccia parte, e il cui diametro, pur essendo grandissimo rispetto a quello di σ_0, sia molto piccolo rispetto alle distanze dei corpi di S da tutti i corpi situati fuori di Σ_0.

Se tutti i corpi che sono (o saranno in avvenire) visibili dalla Terra si possono considerare come appartenenti ad un unico sistema isolato S, esisterà un sistema di assi $O(x, y, z)$ (aventi per origine il baricentro di S) rispetto al quale le equazioni (I) saranno verificate da tutti i corpi di S, a meno di errori che potranno essere così piccoli da sfuggire a qualsiasi osservazione. Verrà in tal caso a mancare la conferma del fatto che le equazioni (I) non sono le equazioni più generali del movimento.

Se al contrario non esiste un sistema isolato a cui appartengano tutti i corpi visibili dalla Terra, non è da escludere la possibilità di osservazioni da cui risulti che le equazioni (I) sono in difetto.

D'altronde — ed è questo il punto sul quale, secondo le nostre vedute, occorre particolarmente insistere — finchè noi non avremo definito l'*accelerazione assoluta* e l'*attrazione assoluta*, non saremo in diritto di adottare le equazioni (I), che non hanno senso se prima non sia stato attribuito un significato a quelle parole; ma dovremo limitarci a considerare le equazioni (II) come l'espressione più generale del movimento dei corpi celesti.

26. Si può infine domandare a quali risultati portano le considerazioni svolte, riguardo alla quistione più generale del *movimento assoluto*. S'intende che io mi limito ad esaminare le conseguenze che derivano dalle ipotesi fatte, non da altre che potrebbero farsi.

Intanto, essendo definite — in virtù della ipotesi (6) — quelle direzioni **a** che abbiamo chiamate *fisse*, per un sistema invariabile sarà determinata, in ogni istante, la sua rotazione rispetto a queste direzioni, che per convenzione potremo chiamare *rotazione assoluta*. E già noi abbiamo avuto da considerare la rotazione (assoluta) ω della retta che congiunge due punti $P_1 P_2$.

La *velocità assoluta* di un punto non risulta invece determinata. Ma in un certo senso si può anche dire che essa *non è totalmente indeterminata*.

Riferiamoci perciò a quella che potremmo chiamare la velocità di un punto *definita fisicamente*. Quando noi diciamo che un punto P ha la velocità $\underline{V}$ rispetto ad un corpo C supposto indeformabile, intendiamo dire che il punto P ha la velocità $\underline{V}$ rispetto ad un sistema di assi rigidamente collegati con C. Ora in natura corpi assolutamente rigidi non esistono. Noi dobbiamo quindi intendere che $\underline{V}$ sia la velocità di P per esempio rispetto ad un sistema di assi rigidamente collegati con tre punti di C non in linea retta, e convenientemente scelti (non troppo vicini tra loro, ecc.).

Ma allora in questa velocità di P, così definita, rimane qualche cosa d'indeterminato: rimane indeterminato un vettore dell'ordine di grandezza delle velocità che posseggono i punti di C rispetto ad un sistema, come quello indicato, che noi riteniamo, ma è solo in via d'approssimazione, rigidamente collegato con C.

Non altrimenti si presentano le cose se noi vogliamo parlare della velocità *assoluta* di un punto P, ossia della sua velocità *rispetto al mondo*. Riferiamoci (come è naturale) ad un sistema di assi $P_0(\mathbf{a})$, orientati cioè, secondo direzioni **a**, e aventi l'origine in un corpo celeste P_0. Variando l'origine P_0 varierà la velocità del punto;

ma la variazione non potrà superare il limite V delle velocità che posseggono i corpi celesti rispetto ai sistemi $P_0(a)$. In questo senso si può dunque dire che *la velocità assoluta di* P *è determinata a meno di un vettore dell'ordine di grandezza di* V.

Così se rispetto ad un sistema $P_0(a)$ un punto materiale (od anche un punto geometrico) ha una velocità di grandezza uguale, per esempio, a 1000 V, potremo dire che la velocità assoluta del punto è determinata *a meno di* $\frac{1}{1000}$; o, più esattamente, a meno di un vettore che, in grandezza, non supera $\frac{1}{1000}$ della stessa velocità.

Ma (anche prescindendo dalla indeterminatezza delle attrazioni) queste velocità assolute non possono introdursi nelle equazioni del movimento. Quel che vi è in esse d'indeterminato darebbe luogo a termini di un ordine di grandezza uguale o superiore a quello delle quantità che si tratta di calcolare.

E noi siamo obbligati a ritornare alle equazioni (II).

RELAZIONE

letta dal Socio B. Grassi, a nome anche del Socio C. Emery, relatore, nella seduta del 2 marzo 1913, sulla Memoria di Filippo Cavazza, avente per titolo: *Studio intorno alla variabilità dello Sciurus vulgaris in Italia.*

La Memoria del Conte Filippo Cavazza fa parte di una serie di lavori, in parte già pubblicati, intorno a specie europee e massime italiane di Mammiferi e di Uccelli. In questi scritti l'Autore critica l'istituzione, per parte di alcuni zoologi, di sottospecie geografiche mal fondate, e riduce una buona porzione di tali sottospecie a semplici varietà più o meno lievi e accidentali.

Nel preparare il presente lavoro sugli Scoiattoli, il Cavazza ha raccolto 225 esemplari delle diverse parti d'Italia, ed ha sottoposto questi a misurazioni metodiche del corpo e del cranio. È dunque essenzialmente un lavoro di somatometria, corredato abbondantemente di specchietti di numeri e di curve di variazione. L'Autore giunge alla conclusione, che in Italia vi sono soltanto due sottospecie di scoiattoli: l'una che si estende dalle Alpi fino al Napolitano, variando insensibilmente, a misura che si va dal nord al sud, ma senza essere influenzata dall'altitudine o da altre azioni riconoscibili dell'ambiente; a questa fanno contrasto gli esemplari della Calabria, che meritano di venire distinti come sottospecie o razze a sè, *Sciurus vulgaris meridionalis*. La maggior parte degli scoiattoli europei, descritti come sottospecie, non meritano questo grado, perchè rientrano, per le misure, nel campo delle fluttuazioni osservate negli esemplari italiani, eccettuati i calabresi.

La Commissione ha riportato l'impressione che il lavoro esaminato sia fatto con molta accuratezza. Le ricerche dell'Autore riflettono un campo poco esplorato, perchè, oltre alla grande difficoltà per procacciarsi il materiale opportuno, richiede diligenza non comune e pazienza somma nello studiarlo. In conseguenza, ritiene che lo scritto del Cavazza sia meritevole di essere stampato nelle Memorie dell'Accademia.

Studio intorno alla variabilità dello Sciurus vulgaris in Italia.

Memoria di FILIPPO CAVAZZA

(con una tavola).

I.

Introduzione e metodo.

Da quando Linneo nel 1776 descrisse lo *Sciurus vulgaris*, fino ad oggi sono state distinte e provviste di nome da numerosissimi autori (1) ben 19 forme di Scoiattolo come proprie della fauna europea.

Di queste, due sarebbero della Svezia, due della Russia, una dell'Inghilterra, cinque dell'Europa centrale (Germania), due della Francia, quattro della Spagna, due dell'Italia, una della Grecia.

Moltissime di queste forme vennero descritte come razze geografiche e ciò perchè una parte dei moderni ricercatori vuol scoprire in ogni più tenue variazione l'influenza dell'ambiente. Nè ciò ha piccole conseguenze, perchè sebbene i seguaci di tale tendenza spesso non se ne accorgano, pure il loro lavoro è guidato da concetti assai vasti e gravi che riguardano il valore delle ipotesi finora formulate intorno all'evoluzione animale. La maggior parte di essi infatti se non discute che i caratteri oggettivamente studiati su qualche esemplare, pure attribuisce all'azione dell'ambiente (spesso poco noto) le modificazioni riscontrate, non tiene conto nè della variabilità che si trova in ogni specie indipendentemente dalle influenze esterne, nè di quelle modificazioni più grandi di cui ancora non si conoscono le cause, e così mostra chiaramente come essi descrittori, pur non occupandosi dei concetti generali, ne accettino inconsciamente alcuni e come questi concetti siano stati assai di sovente da loro scelti senza logica, nè critica alcuna.

Prima di decretare che i caratteri osservati in alcuni esemplari animali sono dovuti all'azione dell'ambiente nel quale essi vivono, prima di spiegare colla semplice applicazione della teoria dell'influenze esterne le variazioni riscontrate, è necessario ricercare lungamente quale sia la variabilità individuale della specie che si studia,

(1) Bibliografia nn. 1, 2, 5, 8, 23, 27, 29, 32, 33, 34, 36, 39, 40, 41, 47.

quali le modificazioni che non possono aver rapporto cogli agenti esterni e quale e quanta possibilità abbiano avuto le condizioni del luogo d'origine di quegli individui o di quelle forme di produrre o di agevolare lo sviluppo delle variazioni trovate.

Ma nondimeno è doveroso riconoscere che colle loro innumerevoli descrizioni questi autori hanno reso note tante variazioni individuali e tanti aspetti morfologici delle specie che studiarono, che senza la loro pazienza di raccoglitori e descrittori sarebbero forse rimasti ignorati.

Certo si è che il lavoro rimane in gran parte da fare e che quello dei succitati sistematici serve solo come di incitamento o, talvolta, come di guida.

Ritornando, dopo questa digressione d'indole generale, alla specie che ora ci interessa, dirò come per ragione di brevità non istia ad esporre le diverse descrizioni date dagli autori ritenendo sufficiente citarne qualche punto saliente nella discussione dei caratteri da me osservati negli scoiattoli d'Italia. Del resto l'esame dei caratteri esposti dai succitati descrittori sarebbe poco proficuo perchè oltre che tratti da tenui differenze del colorito dell'abito (cioè proprio da quelle modificazioni che in tutti i mammiferi si trovano irregolarmente distribuite), i caratteri esposti sono molto incerti e talvolta addirittura contradittorî nei diversi autori.

È poi superfluo che io esponga qui le ragioni per cui è da ritenersi assai importante lo studio della variabilità d'una specie animale.

In quanto al metodo da me seguìto dirò che esso si è informato alle idee già ripetutamente esposte nei miei precedenti lavori [1] sui Mustelidi italiani, sui *Putorius nivalis* ed *ermineus* e sulle forme della *Loxia curvirostra*.

« È specialmente importante per lo studio delle variazioni di una specie, l'osservare un gran numero d'esemplari derivanti da una medesima regione e conoscere così le modificazioni a cui vanno soggetti gli individui di quella specie ».

Perciò nel presente studio scelsi come regione da cui ricavare il materiale che doveva servire di base, la regione alpina, e, stabiliti i risultati ottenuti su questo materiale feci i confronti fra questi e quelli che ricavavo nei gruppi d'esemplari derivanti dalle altre parti d'Italia, dal Piemonte alla Calabria.

Siccome poi ritengo che per aver una chiara conoscenza dell'oggetto sia indispensabile, in questo genere di ricerche, il seguire un metodo somatometrico, così ho seguìto, in parte modificandoli, gli ammaestramenti di coloro che si occuparono di somatometria zoologica [2].

Delle 14 misure prese con l'approssimazione di un $^1/_{10}$ di mm. su ogni esemplare, ricavai le medie di ciascuna serie, gli estremi della variazione, il centro del campo di variazione, e la classe massima di frequenza, servendomi così di entrambi i metodi quello delle medie e quello della seriazione, perchè ritengo entrambi necessarî, l'uno come mezzo di sintesi, l'altro come mezzo d'analisi.

Ridussi poscia le misure delle diverse parti del corpo relative alla lunghezza totale dell'individuo (3600^{mi} della lungh. totale) ricavando altre serie di misure alle quali applicai di nuovo così il metodo delle medie, come quello della seriazione.

[1] Bibliografia, nn. 16, 17, 18, 19.

[2] Bibliografia, nn. 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 25, 35.

Debbo giustificare il perchè io abbia scelto come misura base la lunghezza totale dell' individuo e non quella del *corpo e testa* senza tener conto della coda, come facero parecchi altri. Dopo lunghe prove ho stabilito con sicurezza che le diverse parti del corpo variano con una certa regolarità se si rendono relative alla lunghezza totale dell' individuo, mentre la correlazione è molto meno regolare se si fa il rapporto fra la lunghezza della parte e quella dell'animale senza coda. Ciò ho riscontrato in tutte le serie delle diverse specie di mammiferi studiate e anche in quelle in cui la coda è molto variabile di lunghezza.

A complemento delle misure assolute e relative di ciascun gruppo e dello studio di queste, non doveva mancare l'esposizione grafica delle curve. Da queste più rapidamente che dalle lunghe esposizioni di numeri si avrà la visione lucida e sintetica della variabilità e del valore da attribuirsi ad ogni modificazione.

Sarebbe fuori di luogo che io m' intrattenessi a parlare delle curve seriali e dell' importanza grandissima che esse possono avere non solo in osservazioni di statistica, ma nella ricerca di non poche leggi che reggono ogni variazione come ogni evoluzione e mutazione.

Le curve seriali che si deducono dalle misurazioni dirette presentano sempre una certa irregolarità così che molti autori credettero bene regolarizzarle applicando il calcolo di Wittstein. Io non ho applicato questo calcolo alle curve riscontrate perchè desideravo che fossero bene evidenti tutte le oscillazioni e ciò anche in gruppi tutt'altro che numerosi.

Ora sorge naturale la questione propria a tutti gli studi seguenti metodo statistico, quale è il numero di osservazioni (di dati) necessario per ritenere esauriente il risultato da ottenersi.

Possiamo rispondere che il numero minimo delle osservazioni sta in rapporto colla variabilità propria delle misure stesse e colla sua irregolarità.

Così per avere risultati sicuri dalla seriazione di un gruppo di misure omogenee è necessario un piccolo numero di dati, mentre ne è necessario un grande o grandissimo se la variabilità è rilevante o irregolare.

Pel mio studio sui *Putorius nivalis* misurai ben 330 esemplari e raccolsi 20000 e più dati prima di venire a conclusioni sicure, e ciò perchè quella specie presenta una grandissima ed irregolare variabilità.

Per la specie che ora ci occupa la cosa è invece assai diversa.

Lo *S. vulgaris* infatti se presenta una irregolarissima variabilità nei caratteri del colorito, varia invece con una certa regolarità nelle dimensioni del corpo e nei rapporti che corrono fra le diverse parti di questo.

Perciò dopo avere osservato 120 esemplari italiani di *S. vulgaris* e aver raccolti 3000 dati, fra assoluti e relativi, ho creduto di potermi accingere ad un lavoro ordinato, durante il quale avendo osservati altri 105 esemplari e stabiliti altri 1300 dati vidi che essi confermavano esattamente le deduzioni fatte sui primi.

Dopo preliminare osservazione, divisi gli esemplari studiati in quattro gruppi a seconda del loro luogo di origine. Il gruppo dal quale ricavai i dati che mi servirono di base per estendere agli altri gruppi lo studio, è quello degli esemplari colti sulla catena alpina e composto di 45 ♂ e 35 ♀ ; poi viene il gruppo degli

scojattoli dell'Italia settentrionale e centrale compreso il Lazio, ed esclusi gli Abbruzzi, con 125 esemplari, poi quello degli individui colti nell'Italia meridionale, dagli Abbruzzi (compresi) alla Calabria (esclusa) con 14 esemplari e da ultimo quello degli scojattoli calabresi con soli 6 esemplari. A questi sono da aggiungersi 12 esemplari di altre parti d'Europa.

Nei quattro specchi seguenti espongo le misure tanto assolute come relative di non pochi degli esemplari osservati affinchè si possa con facilità confrontare e controllare quanto verrò esponendo nella discussione e negli specchietti particolari.

Prima di passare alla discussione ringrazio tutti coloro che permettendomi di studiare le collezioni da loro dirette o di loro proprietà, mi hanno reso possibile un lavoro non incompleto. Nominerò di questi il prof. senatore Camerano (Museo di Torino), il prof. Sordelli (Museo Civico di Milano), il prof. Giglio-Tos (Museo di Firenze), il marchese Doria (Museo Civico di Genova), il prof. Carruccio (Museo di Roma), il prof. Monticelli (Museo di Napoli), e il prof. Coggi (Museo di Modena).

Sciurus vulgaris delle Alpi

	Alpi piemontesi			Biellese		Lanzo				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lunghezza totale	470	414	395	410	390	452	377	410	430	422
» coda	203	220	195	193	189	232	187	200	210	196
» piede posteriore	58	51,2	52	55	50	56	48,5	52,7	53,3	52,8
» » anteriore	38	37,8	39	40	38	46	38,5	42	38.6	39,7
» orecchio	16,2	15	14,5	15	14	12,6	15,4	13,5	15,8	16,3
» cranio	53	57,3	50	53	49,6	52,7	49,7	51,5	51,8	52,2
Larghezza »	32,2	32	29,2	33	29	30,3	28,3	—	30,6	31
Altezza cranio all'apertura auricolare	21,2	21	20,4	21,3	20	22,2	21	20,8	21	21
Lunghezza mascelle	30	29,3	29,6	31	29	29,8	28,2	29	29,1	29,3
Distanza orbite	20,7	20	19,2	20	19,2	19,8	18,8	19,2	19,5	20

Sciurus vulgaris delle Alpi

	Alpi piemontesi			Biellese	Lanzo d' Intelvi				Por	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lunghezza totale	450	425	395	418	415	427	410	430	430	440
» coda	225	210	189	204	211	220	200	223	202	210
» piede posteriore	56	51	51	54	53	54	53,2	54,6	54,6	55
» » anteriore	46	43	42	42	44,8	46	45	45,2	40	42
» orecchio	16	15	14,2	15	14	15,5	15	15,6	15,8	14,3
» cranio	53	52,6	52	51,8	50,8	52	51,3	51,9	51,2	52,5
Larghezza »	30,8	29,6	29	29	28,9	29,8	29	29,6	29,1	31 6
Altezza cranio all'apertura auricolare	22	22	22	21	22,6	23	23,3	23,4	21,3	—
Lunghezza mascelle	29,2	29	28,9	29	29,2	29,3	28,8	28	28,9	—
Distanza orbite	21	20	20	19,8	18,7	19,1	18,9	19,2	18,4	20

ITALIANE ♂. — Misure in mm.

d' Intelvi		Porlezza			Buggiolo	Sopra Lugano		Alpi Centrali				Cadore			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
385	450	436	430	431	412	440	400	425	412	440	400	380	425	410	420
185	235	199	210	203	225	205	192	185	195	210	170	165	200	210	172
48,6	56	52,4	57,2	59	58,7	54	53,6	54,2	55	55,1	54	55	54	53,6	58
38,6	43	43,3	44,6	39	44,3	42,5	37,6	41.6	41,2	41,7	40	36,6	43,2	42,3	33
15,7	16	13,2	14,7	15,2	14,7	14,2	14,6	16	15,6	17,1	17	15,5	14,6	15	17
50	52	51,5	49,9	52,5	52	53	52,8	52,9	52,3	53,1	50	48,8	52	51,6	51,5
29	30,2	31,2	27,8	30	29,5	30	32	30,1	30,1	32	31	27,6	31,3	30,8	30,3
20,7	21,6	21,6	20,8	21,2	20	—	21	21,3	20,6	21,2	22	—	21,2	20,8	21
28,7	29,5	29	29,3	—	—	—	30	30	30	30,3	30	27,3	—	29	28,9
19	20	20	18,3	19,9	20,9	20,4	20	19.8	18.9	19,7	18,8	18,6	19,2	19	19.3

ITALIANE ♀. — Misure in mm.

lezza		Buggiolo	Sop.a Lugano		Alpi Centrali						Gottardo	Cadore			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
400	412	415	430	422	450	450	440	455	440	420	360	430	390	400	410
195	200	224	213	200	243	230	210	220	190	200	170	180	180	198	200
52	53	59	54	51	56,3	58,2	56,2	55,4	54,2	54	52	57	50,9	53	54
41,6	42,5	45,6	39,8	41,7	35,6	37,3	37,3	37,2	38,3	38,2	30	40	39	41	42
16,1	15,2	16	15	14,8	16,5	18	16,3	17	16	17	14	17,7	14,2	15	15
51,6	51,8	55,9	52,6	52,6	55	50,1	51,7	52	51,8	53	46	52	49,9	50,1	51,2
31,3	30	31	30,3	30,6	31,2	28,5	29,8	30	29,9	30	—	29,9	27,9	28,7	29,6
21,4	21	22 6	21,8	19,9	21	19,6	21	21,3	21,2	21,2	—	—	—	21	22
28,8	28,2	29,2	29,3	29	29,1	27,3	29	29,4	29,3	29,2	—	—	28,2	29	29
19,6	19	20,2	21	20	18,6	18,3	18,2	19,5	19	19	17,9	20,2	18,5	19	19,4

Sciurus vulgaris Alpini ♂.

	Alpi piemontesi			Biellese		Lanzo d'Intelvi				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lunghezza coda	1563	1911	1776	1694	1744	1815	1782	1756	1757	1669
» piede posteriore	443	470	473	482	461	445	462	462	446	449
» » anteriore	291	328	355	351	350	365	367	368	323	338
» orecchio	124	130	132	131	129	100	146	118	132	138
» cranio	405	445	455	465	457	419	473	452	433	444
Larghezza »	246	278	266	289	267	240	269	—	256	264
Altezza cranio all'apertura auricolare	162	182	185	187	184	176	200	182	175	178
Lunghezza mascella	229	254	268	272	267	237	268	254	224	249
Distanza orbite	158	173	174	175	177	157	179	168	163	170

Sciurus vulgaris Alpini ♀.

	Alpi piemontesi			Biellesi	Lanzo d'Intelvi				Por	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lunghezza coda	1800	1778	1722	1756	1830	1852	1756	1866	1841	1717
» piede posteriore	448	431	464	464	459	454	467	457	457	449
» » anteriore	368	361	382	361	388	387	395	378	334	343
» orecchio	128	127	129	129	121	130	131	130	132	116
» cranio	424	445	473	445	440	437	450	434	428	429
Larghezza »	246	250	264	249	250	250	254	247	243	258
Altezza cranio all'apertura auricolare	176	186	200	180	196	193	204	195	178	—
Lunghezza mascella	233	245	263	249	253	246	252	234	241	—
Distanza orbite	168	169	182	170	162	160	165	160	154	163

— Misure in 3600^{mi} somatici.

		Porlezza			Buggiolo	Sopra Lugano		Alpi Centrali				Cadore			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1729	1880	1641	1757	1695	1973	1676	1728	1566	1701	1708	1530	1562	1694	1843	1474
454	448	432	478	492	512	441	482	459	480	467	486	520	457	470	496
360	344	357	373	325	386	347	338	352	359	341	360	346	365	375	284
146	128	108	123	126	128	116	131	135	136	140	153	146	123	131	145
467	416	424	417	438	453	433	475	448	456	434	450	462	440	453	441
271	241	257	232	250	257	245	288	254	262	262	279	261	265	270	259
193	173	178	174	177	174	—	189	180	179	172	198	—	179	182	179
268	236	239	242	—	—	—	270	254	261	248	270	258	—	254	247
177	160	165	153	166	182	166	180	167	164	161	169	176	162	166	165

— Misure in 3600^{mi} somatici.

lezza		Buggiolo	Sopra Lugano		Alpi Centrali						Gottardo	Cadore			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1755	1745	1812	1782	1704	1944	1840	1717	1779	1554	1714	1700	1506	1661	1782	1756
468	462	477	451	434	450	465	459	448	443	462	520	477	469	477	474
374	370	368	333	355	285	298	305	300	313	327	300	334	359	369	368
144	132	129	125	126	132	144	149	137	130	145	140	148	131	135	131
464	452	441	440	448	440	401	422	420	423	454	460	435	460	450	449
281	261	250	253	260	250	228	243	242	241	257	—	250	257	258	259
192	183	182	182	169	168	157	171	172	173	181	—	—	—	189	193
259	246	236	245	247	233	218	237	237	239	250	—	—	260	261	254
176	165	162	175	170	148	146	148	157	155	162	179	169	170	171	170

Sciurus vulgaris dell'Italia settentrionale e

	Lombardo ♂	Emilia ♂								Tosca			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lunghezza totale	425	450	465	410	430	410	425	435	442	465	435	489	435
» coda	200	180	230	165	184	180	192	199	212	208	200	260	191
» piede posteriore	53,3	53	57,5	55,8	55,8	55	56	55	56	60	53	67	57,9
» » anteriore	40	40,6	43,1	38,2	39,2	32	47	40	37	36	36	45	37
» orecchio	15	14	15	13,4	14	19	17	18	18	19,2	18	17,5	18,5
» cranio	52,2	52,6	53,7	52,8	52,6	53,5	52,7	52,7	52,7	53,2	52	55	52
Larghezza cranio	29,4	29	29,6	28,7	29,3	34,3	30,1	30,2	30,3	30,1	30	31,9	30
Alt. cranio all'apertura auricol.	22,6	22,2	23	—	22,5	22,1	22,3	22,2	22,2	22	22	21	20,8
Lunghezza mascelle	29	29	29,6	29	—	30	29,5	29,6	29,8	29,6	29,2	31,2	30,6
Distanza orbite	18,8	19,4	19,9	19	18,9	18	19	18,9	19	19	18,6	19	18,2

Sciurus vulgaris dell'Italia

	Abruzzo ♂	Napolitano ♂		
	1	2	3	4
Lunghezza totale	340	475	470	475
» coda	139	200	210	178
» piede posteriore	49	59	56	58
» » anteriore	33,2	42	39	42
» orecchio	20,5	21	16	19,7
» cranio	52	55,2	52,8	55
Larghezza cranio	—	31,3	28,9	29,8
Alt cranio all'apertura auricol.	—	24,0	22,9	22,8
Lunghezza mascelle	—	30	29,2	29
Distanza orbite	18	20	19	19,6

CENTRALE (ESCLUSE LE ALPI). — Misure in mm.

NA ♂					Li-GURIA ♀	EMILIA ♀							TOSCANA ♀				
14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
450	446	406	455	442	441	442	423	431	418	415	460	471	461	429	427	440	470
200	193	200	197	198	210	200	210	225	193	200	220	220	207	200	195	200	230
59	57	55	56,6	56,3	60	60	61,3	58	55	53	57,8	58,5	57	53	58	54	57
37,6	37	35,6	38,5	37	40	37,2	41	40	39,6	39	40	39	36,5	34,6	37	34	34,2
17,6	18	18,2	19	18,7	17	16,5	15,1	14	15	16	20	18	16,4	15	18	19	18,3
51,5	52	50,8	53	52,2	51,2	53	50,1	51,1	52	52,2	53,3	53,8	53,2	52,8	52	53	52,3
30,5	31,5	30	32	31	28,3	—	29	29,2	29	29,1	31,6	31,6	30,2	29,7	31,5	30,8	30,3
21,2	–	–	22	22,3	22	—	21,8	22	22	22,3	—	22,4	22,1	22,9	23	22,9	22,8
30,8	30,2	—	30,3	30,2	29,2	—	29	29,1	29,1	29,3	31,6	—	29	29	31	30	30
18,2	18,2	18	18	18,7	18,3	18,6	18,6	18,9	18,7	18,6	19	18,9	18,8	18	18,7	18,3	18,7

MERIDIONALE. — MISURE IN MM.

NAPOLITANO ♀				CALABRIA ♂			CALABRIA ♀	
1	2	3	4	1	2	3	1	2
475	487	460	500	545	480	465	565	525
198	217	192	222	216	205	185	236	260
56,5	59	57	58,9	59	57,8	61,2	62,5	59,6
38,5	38,7	43	43	42,3	43,2	40	41,2	41,5
17,2	15,5	19,2	20	21	22	19,8	20	20,1
55	54,3	52,3	54,6	56	54,5	56	57,2	56,3
29,2	29,8	29,7	29,9	33,5	32,9	33,9	33,4	33,6
23,6	24,9	24,1	25	22,6	22,3	22,4	22 8	22,7
29	29,4	28,9	29	33.9	34.1	32,2	33,9	31,8
18,5	18,9	18,6	19	20,7	20,2	19	19,2	19,1

Misure in 3600mi somatici degli *Sciurus vulgaris*

	Lombardo ♂	Emilia ♂										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lunghezza coda	1694	1440	1789	1448	1440	1580	1626	1646	1724	1609	1663	1913
» piede posteriore	451	424	445	489	467	482	474	455	455	464	438	493
» » anteriore	338	324	333	335	328	280	347	331	300	278	297	331
» orecchio	127	112	116	117	117	166	143	148	146	148	148	128
» cranio	442	420	415	463	440	469	446	436	428	411	430	404
Larghezza cranio	249	232	229	251	245	301	254	249	246	232	248	234
Altezza cranio all'apertura auricolare	191	177	178	—	188	194	188	183	180	170	182	154
Lunghezza mascelle	245	232	229	254	—	263	249	244	242	229	241	229
Distanza orbite	159	155	154	166	158	158	160	156	154	147	153	139

Misure in 3600mi somatici degli *Sciurus*

	Abruzzo ♂	Napolitano ♂		
	1	2	3	4
Lunghezza coda	1470	1515	1608	1348
» piede posteriore	518	447	428	439
» » anteriore	351	318	298	318
» orecchio	216	159	122	149
» cranio	550	418	404	416
Larghezza cranio	—	237	221	225
Alt. cranio all'apert. auricol.	—	181	175	172
Lunghezza mascelle	—	227	223	223
Distanza orbite	190	151	145	148

dell'Italia settentrionale e centrale (escluse le Alpi).

Toscana ♂						Liguria ♀	Emilia ♀							Toscana ♀				
13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1579	1600	1564	1770	1558	1610	1717	1627	1778	1883	1661	1735	1721	1675	1610	1678	1641	1636	1761
479	472	461	487	447	458	490	485	519	485	473	459	452	445	443	444	488	441	436
306	300	299	316	304	300	327	296	347	334	310	338	313	297	284	290	311	278	261
153	140	145	161	150	152	139	134	127	117	129	138	156	137	127	125	151	155	140
430	411	421	451	419	424	418	431	424	428	447	452	417	409	414	442	437	433	400
248	244	255	265	253	252	231	—	245	244	219	252	247	240	235	219	265	251	232
172	169	—	—	174	181	180	—	174	184	189	193	—	170	171	192	193	187	173
253	246	244	—	239	245	238	—	245	243	250	254	247	—	225	243	261	245	229
153	145	147	159	142	152	149	151	157	158	161	161	148	143	146	151	157	199	143

vulgaris dell'Italia meridionale.

Napolitano ♀				Calabria ♂			Calabria ♀	
1	2	3	4	1	2	3	1	2
1499	1602	1501	1598	1426	1537	1432	1503	1782
428	435	446	424	389	433	473	398	408
291	285	336	309	279	324	309	262	284
131	113	150	144	138	165	153	127	137
416	400	409	393	369	408	433	364	385
221	220	232	215	221	246	262	212	230
178	183	188	180	149	167	173	145	155
219	217	226	208	223	255	249	215	218
140	139	145	136	136	151	147	122	130

III.

Della lunghezza totale.

LUNGHEZZA TOTALE.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure in mm.	417	422	440	440	473	480	497	545
Estremi campo di variazione . .	377-470	360-450	406-489	415-470	470-476	460-500	465-545	525-565
Centro campo di variazione. . .	423	405	447	442	473	480	505	545
Classe di maggior frequenza . .	410	410	430	440	470	480	—	—

FIG. 1. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza totale di tutti gli *S. vulgaris* d'Italia osservati.

Chi osserva negli specchi generali le variazioni della lunghezza totale degli *Sciurus* di tutta Italia rimarrà colpito, al primo momento, dalla grande variabilità, trovandosi un esemplare di 360 mm. ed uno di 565 mm. con un campo di variazione di 205 mm.

Ma se prenderemo queste misure e dopo averle divise in gruppi secondo il loro valore (in cm. per non avere troppe classi) le disporremo secondo la curva della loro frequenza (fig. 1) vedremo:

1° che le due misure estreme sono riunite fra loro da quasi ininterrotte classi intermedie;

2° che la curva ottenuta pur avendo una sola cuspide massima corrispondente alla misura 41, ha altri tre rialzi a gobba che sembrano appartenere a curve diverse sebbene collegate.

Si potrebbe a primo aspetto credere che tali rialzi fossero dovuti ad errori di osservazione come accade di sovente nelle curve antropometriche; ma se si confronta poi la curva ottenuta alla serie delle misure proprie agli esemplari divisi in gruppi secondo il paese d'origine ed ai risultati da queste tratti, si vedrà chiaramente che la cuspide maggiore posta sul 41 corrisponde alla classe di maggior frequenza negli esemplari alpini, che la gobba posta sul 44 corrisponde alla classe di maggior frequenza degli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale, che quella posta sul 47 corrisponde alla classe di maggior frequenza degli individui napolitani e che da ultimo le oscillazioni esistenti fra le classi 50 e 56 e distinte dal resto della curva, sono dovute ai pochi esemplari di Calabria.

A. *Esemplari alpini.* — Considerando dapprima i ♂ della regione alpina si vede che la variabilità da essi presentata nella lunghezza totale non è affatto collegata colla località delle Alpi da loro abitata. Infatti se la variabilità massima va da 377 a 470 mm. con un campo di variazione di 93, la diversità riscontrata in esemplari adulti colti nello stesso luogo e mese raggiunge 75 mm.

Dalle Alpi piemontesi ebbi due esemplari, uno di 395 mm. l'altro di 470, e da Lanzo d'Intelvi uno di 377 mm. e uno di 452.

Fatti assai degni di nota derivanti dalla seriazione di questa misura sono quelli della coincidenza perfetta fra la media aritmetica e la classe di maggior frequenza, e della quasi trascurabile differenza che corre fra il valore di queste due e quello del centro del campo di variazione.

Venendo ora alla lunghezza totale delle ♂ alpine osserveremo che essa non diversifica che raramente da quelle osservate nei ♂. Infatti essa varia da 360 a 450 mm. con un campo di variazione di 90 mm., 73 dei quali coincidono col campo di variazione osservato nei ♂. La statura massima è di 20 mm. inferiore a quella dei ♂ ma nondimeno la media aritmetica derivante dalle misure è di 5 mm. superiore a quella riscontrata nei ♂.

Si poteva credere che ciò derivasse da un errore o da scarsezza di materiale, ma questa superiorità nella media essendosi verificata in tutti i gruppi di ♀ osservati in diversi paesi, così è evidente che si tratta di un carattere proprio alla variabilità della lunghezza totale nelle femmine dello *S. vulgaris*.

Osservando nello specchietto la media, il centro del campo di variazione e la classe di maggior frequenza si sarebbe spinti a negare alla lunghezza totale delle ♀ alpine quella regolarità di variazione e omogeneità di gruppo riscontrate nei ♂. Ora se si osserva negli specchi generali si vedrà che tutto ciò deriva da un unico esemplare preso sul Gottardo (Museo di Firenze) che colla sua piccolissima statura viene a spostare grandemente il centro del campo di variazione.

Fra la lunghezza totale di questo esemplare e quella minima degli altri esemplari femminili delle Alpi corrono bon 30 mm. e cioè ben 3 classi intermedie deserte.

Se lasciamo addietro questo esemplare ecco che il centro del campo di variazione salirà da 405 a 420 coincidendo perfettamente colla media aritmetica e allontanandosi poco dalla classe di maggior frequenza.

Visto che tanto i ♂ alpini come le ♀ formano per la lunghezza totale gruppi omogenei e che essi due aggruppamenti sono così poco diversi da poter essere riuniti in un unico che pur dimostra di seguire le stesse regole osservate nella variabilità di ciascuno di essi; così ho riunito tutti gli esemplari alpini senza distinzione di sesso, e dopo aver divise in serie le misure della loro lunghezza totale le ho disposte in curva (fig. 2). Questa curva abbastanza regolare ha un unica cuspide sul 41 la

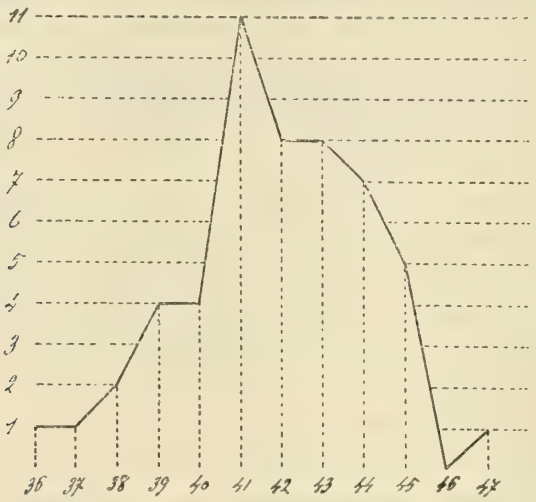


Fig. 2. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza totale degli *S. vulgaris* alpini.

quale coincide esattamente col centro del campo di variazione, mentre dimostra di coincidere con un valore un poco inferiore a quello della media aritmetica. La cuspide della curva di cui ora parliamo è sulla stessa classe della cuspide massima osservata nella curva della lunghezza totale di tutti gli esemplari italiani.

B. *Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale* (escluse le Alpi). — Prima di decidermi ad unire in un unico aggruppamento gli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale, gli esemplari cioè di regioni comprendenti territorî così varî, osservai lungamente e fu solo l'evidenza dei fatti che mi condusse a farlo.

Per la lunghezza totale basti osservare che le misure estreme riscontrate in tutti i paesi riuniti in questa circoscrizione sono date da due ♂ adulti uno di 489 mm. ed uno di 406, entrambi uccisi nei dintorni di Firenze a non più di 20 km. di distanza l'uno dall'altro ed entrambi in territorio montagnoso (uno a 460, l'altro a 850 m. s. m.).

E se si osservano gli specchi dove un gran numero di misure sono riportate ci si persuaderà facilmente che questo non è un fatto isolato, ma che in ogni regione si trovano degli estremi riuniti fra loro da numerosissimi e regolari passaggi intermedii. Nondimeno se dividessimo in gruppi separati gli esemplari della Lombardia,

Emilia, Toscana e Lazio, scorgeremo che man mano che avanziamo verso il sud la media della lunghezza totale di ciascun gruppo aumenta. La classe di maggior frequenza invece subisce uno spostamento poco sensibile.

I maschi dell' intero aggruppamento variano da 406 a 489 mm. con un campo di variazione di 83 mm. una media di 440 e una classe di maggior frequenza di 430. Dimostra l'andamento regolare della variabilità il coincidere della media col centro del campo di variazione e l'avvicinarsi della classe di maggior frequenza al valore di questi due.

Le femmine hanno un minimo di 415 e un massimo di 470 con un campo di variazione di soli 55 mm. La media derivante da queste misure è in loro di 440 mm. e cioè identica a quella riscontrata nei maschi della stessa area, inoltre essa coincide completamente colla classe di maggior frequenza e quasi del tutto col centro del campo di variazione.

Fig. 3. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza totale degli *S. vulgaris* dell'Italia settentrionale e centrale.

Quanto ho esposto dimostra l'assoluta omogeneità dell'aggruppamento e rende evidente che le differenze sessuali per questa lunghezza sono così piccole da poter essere senz'altro trascurate.

Se confrontiamo i risultati ottenuti con quelli derivati dall'osservazione degli esemplari alpini, appariranno evidenti non poche differenze. La minima osservata nella lunghezza totale degli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale non solamente è superiore a quella degli scojattoli alpini ma è quasi simile al valore del centro del campo di variazione della loro lunghezza totale.

Nelle ♀ anzi il minimo è superiore al centro del campo di variazione delle femmine alpine.

Riunendo i ♂ e le ♀ in un unico gruppo e disponendo in curva il valore della loro lunghezza totale otteniamo una curva unicuspidale (fig. 3) ancor più regolare di quelle osservate per gli esemplari alpini e ciò non ostante il minor numero di individui.

In tale curva la cuspide o indice di maggior frequenza coincide completamente col centro del campo di variazione e colla media aritmetica. Sarà inoltre facile il vedere, confrontando fra loro le curve da me tracciate per la lunghezza totale, che la gobba esistente sulla classe 44 nella curva generale degli esemplari italiani deriva

dalla cuspide della curva della lunghezza totale degli scojattoli dell'Italia settentrionale e centrale.

C. *Esemplari dell'Italia meridionale.* — Data l'esiguità del numero degli esemplari osservati derivanti dall'Italia meridionale, poteva credersi *a priori* che sarebbe stato difficile o arrischiato trarne delle conclusioni sicure, ed invece è accaduto quello che non speravo ed i numeri lo dicono.

Voglio anzitutto dire che fra i ♂ dell'Italia meridionale dovrebbe trovar posto un esemplare abbruzzese che per tutte le misure delle parti del suo corpo come per quelle della lunghezza totale appare assolutamente diverso dagli altri esemplari italiani. Esso mostra esagerati tutti i caratteri dell'esemplare nano del Gottardo (compresi quelli dell'abito). La lunghezza totale è di soli 340 mm. Non tengo calcolo di questo individuo nello studio della variabilità del gruppo a cui esso dovrebbe appartenere.

Nei pochi ♂ catturati nel napolitano la lunghezza totale non solo mostra una piccolissima variabilità ma anche una regolarità grandissima nel modo di variare. Essa va infatti da 470 a 476 mm. con una media di 473 la quale coincide matematicamente col valore del centro del campo di variazione e della classe di maggior frequenza.

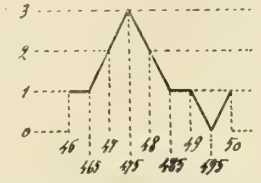


Fig. 4. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza totale degli *S. vulgaris* del Napoletano.

Nelle femmine va da 460 a 500 mm. con una media di 480 che coincide esattamente tanto col centro del campo di variazione come colla classe di maggior frequenza. La variabilità appare un po' maggiore che nei ♂ ma la regolarità seguita nel variare è addirittura perfetta.

Questi due gruppi composti di pochi individui presentano una completa omogeneità e dànno un chiarissimo risultato alla seriazione. La misura minima riscontrata negli esemplari dell'Italia meridionale è 460 mm., è cioè superiore alla media, ed al centro del campo di variazione osservati negli esemplari del precedente gruppo che avevano il valore di 440.

Anche la curva derivante dalla lunghezza totale di questi pochi esemplari è abbastanza regolare presentando un'unica cuspide che coincide quasi esattamente con la media aritmetica e diversifica assai poco dal centro del campo di variazione. La cuspide è sul 47,5, la media è di 47,7, il centro del campo di variazione sul 48.

Nell'Abruzzo dove sono altissimi monti si riscontrano forse casi di *nanismo*, di cui il nostro esemplare adulto è l'indice, ma nondimeno sono da ritenersi casi di degenerazione e non rappresentanti di una forma speciale.

D. *Esemplari di Calabria.* — Troppo esiguo è il numero degli scoiattoli calabresi da me osservati per studiare la variabilità che presenta il gruppo da loro for-

mato, ma nondimeno si può osservare qualche risultato confrontando questo piccolo gruppo di calabresi cogli altri più numerosi qui sopra osservati. Nei tre ♂ di Calabria la lunghezza totale presenta come minimo 465 mm. e come massimo 545; il centro del campo di variazione contenuto fra questi estremi e 505, mentre in nessuno dei gruppi maschili precedenti il centro del campo di variazione ha mai superato 473. Nelle ♀ abbiamo un minimo poco probabile di cui quindi non mi occupo, ma un massimo che supera di 65 mm. il massimo riscontrato in tutti gli altri scojattoli italiani.

Visto che in tutti i gruppi di *Sciurus* italiani la differenza fra ♂ e ♀ è poco o nulla evidente nella lunghezza totale, così riunisco in un unico aggruppamento i 5 scojattoli calabresi per avere un risultato più attendibile dalla loro seriazione.

Avremo così un minimo di 465, un massimo di 565, un centro del campo di variazione di 515 e una media di 516, ed osserveremo che non ostante il piccolo numero di individui la media coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione.

Per la lunghezza totale gli scojattoli calabresi diversificano da quelli dell'Italia meridionale assai più di quanto diversifichino fra loro tutti gli altri gruppi di scojattoli italiani.

Riassumendo tutto quanto si è sopra esposto risulta:

1° che la lunghezza totale varia in ciascun gruppo con una innegabile regolarità;

2° che dalle Alpi fino alla Calabria questa misura in media va gradatamente aumentando;

3° che questo aumento di statura progressiva da nord a sud appare avvenire con gradazione continua ed ininterrotta solo nei primi tre gruppi;

4° che gli esemplari calabresi sono i più nettamente distinti per la loro grande statura;

5° che le differenze sessuali appaiono lievissime nella lunghezza totale sebbene le medie femminili siano sempre un po' più elevate delle maschili.

IV

Della lunghezza della coda.

Lunghezza della coda.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure in mm.	199	205	199	208	196	207	202	248
Estremi campo di variazione . .	165-235	170-243	165-260	193-230	178-210	192-222	185-216	236-260
Centro campo di variaz. assoluto.	200	206	212	211	194	207	200	248
Classe maggiore frequenza misure assolute	190	200	190	200	—	190	—	—
Medie misure relative.	1717	1756	1625	1702	1490	1550	1465	1642
Estremi campo variazione relativa	1530-1973	1506-1944	1440-1913	1610-1883	1348-1608	1499-1602	1432-1537	1583-1782
Centro campo di variaz. relativa .	1750	1725	1676	1746	1478	1550	1484	1642
Classe magg. frequenza relativa .	1750	1750	1660	1670	—	—	1430	—

Dalla maggior parte dei mammalogi si è detto che la coda è la parte più irregolarmente variabile e che il misurare l'animale intiero, compresa la coda, da delle variazioni grandissime a causa della instabilità della lunghezza di essa.

Per la specie che ora ci occupa è facile vedere che sebbene la coda sia assai variabile di lunghezza, pure le oscillazioni della lunghezza totale degli scoiattoli italiani non sono dovute affatto a quelle della coda, le quali, non sono altrettanto grandi.

Osservando complessivamente gli esemplari italiani si vede che la lunghezza della coda varia da 165 a 260 mm. con un campo di variazione di 95 mm.

Se facciamo la seriazione dei dati riguardanti questa dimensione e ne ricaviamo una curva (fig. 5) vedremo con meraviglia che la coda varia, negli scoiattoli di tutta Italia, con regolarità molto superiore a quella riscontrata nelle variazioni della lunghezza totale.

La curva ottenuta non solamente ha una unica cuspide ma è priva di gobbe secondarie e poco dissimile dalle due parti della cuspide. Questa poi cade sul 20 coincidendo esattamente colla media aritmetica che è 20 e diversificando assai poco dal centro del campo di variazione che è sul 21.

Da tutto ciò risulta che la lunghezza della coda è molto più regolarmente variabile che non la lunghezza del corpo e testa senza coda, e che essa non varia da paese a paese quanto altri caratteri (vedi specchietto di confronto dei campi di variazione).

Finora abbiamo parlato delle misure assolute, passiamo ora alle misure che indicano in quale rapporto la parte che si osserva, sta all'intero corpo e che dànno quindi modo di studiare la variabilità di questo rapporto.

La lunghezza relativa della coda varia negli scoiattoli di tutta Italia da 134 a 196 360 ^{mi} somatici con un campo di variazione di 63 360 ^{mi} somatici. Questa

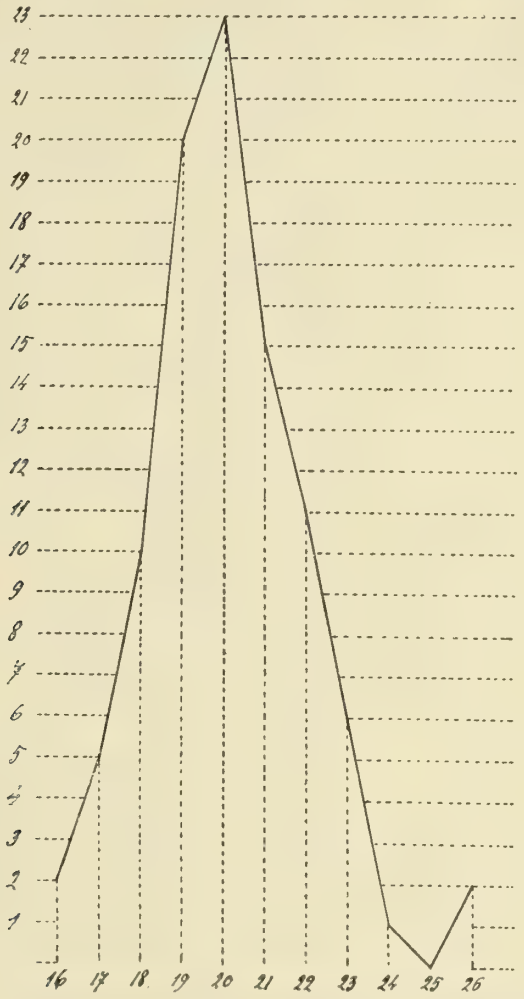


Fig. 5. — Curva della frequenza nella variabilità della misura assoluta della coda degli *S. vulgaris* di tutta Italia.

variabilità è assai grande visto che il campo entro il quale oscilla è più d'un sesto del valore della misura base, ma ciò deriva specialmente dalle variabilità della lunghezza del corpo e non altrettanto da quella della lunghezza della coda. Ci si persuaderà presto, di ciò, osservando gli specchietti generali, le curve, e i campi di variazione.

Se osserviamo, per esempio, l'esemplare ♂ *N* 2 delle Alpi piemontesi e l'esemplare ♂ *N* 1 della Calabria vediamo che la lunghezza assoluta della coda è quasi

uguale in entrambi, 220 mm. nel primo e 216 mm. nel secondo, mentre questi due esemplari presentano caratteri diversissimi nelle misure relative della coda, il primo avendola di 191 360^{mi} somatici ed il secondo di soli 142 360^{mi} somatici. Se si ripeterà questo confronto fra due esemplari in qualunque modo scelti si vedrà sempre che la variabilità delle misure relative deriva in maggior parte dalle variazioni della lunghezza del corpo.

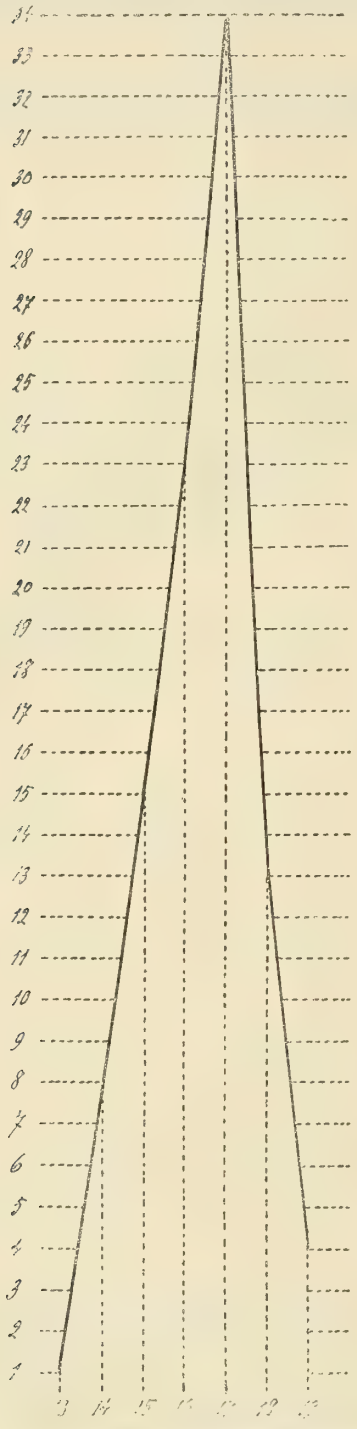


Fig. 6. — Curva della frequenza nella variabilità della misura relativa della coda degli *S. vulgaris* di tutta Italia.

Nondimeno dobbiamo osservare che la variabilità del rapporto che otteniamo ha sempre un campo di variazione ben limitato e una classe di maggior frequenza che coincide quasi sempre col centro del campo di variazione, cioè dobbiamo osservare che la variabilità del rapporto di ciascuna parte rispetto alla misura base, segue le stesse leggi che la variabilità delle misure assolute e che tende anch'essa a dare origine alla curva binomiale. Questo si vede con evidenza nella curva (fig. 6) che deriva dalle misure relative della coda.

A. *Esemplari alpini.* — Seguiremo d'ora in avanti quest'ordine: parleremo per ogni gruppo prima delle misure assolute e di esse prima riguardo ai ♂ e poi alle ♀, e poi delle misure relative.

Considerando dunque le misure assolute della coda dei maschi della regione alpina vediamo che esse variano da 165 a 235 mm. con un campo di variazione di 70 mm.

Anche in questo caso ci sarà facile persuaderci che le differenze della lunghezza della coda non sono collegate al luogo d'origine dell'esemplare ma che sono vere oscillazioni individuali.

Dalla seriazione poi delle misure prese sulla coda degli individui di questo gruppo si ottengono rimarchevoli risultati. La classe di maggior frequenza coincide infatti esattamente colla media aritmetica il cui valore è solo di 1 mm. diverso da quello del centro del campo di variazione.

Osservando ora la lunghezza assoluta della coda delle ♀ alpine diremo che essa non diversifica che di rado da quella osservata nei ♂ e che ne presenta pure la grande regolarità nelle variazioni.

È nondimeno assai rimarchevole il fatto che in questo gruppo i dati ricavati dalla seriazione come la media, sono di valore superiore a quelli corrispondenti del gruppo maschile. Infatti il massimo raggiunto dai maschi è 235 e quello raggiunto dalle femmine 243, la media è nei maschi 199 e nelle ♀ 205, il centro del campo di variazione è 200 nei ♂ e 206 nelle ♀ e la classe di maggior frequenza 190 nei ♂, e 200 nelle ♀.

Questa tendenza a maggiori dimensioni della coda nella ♀ non solo sta in relazione colle maggiori dimensioni della lunghezza totale di cui già parlammo, ma si mostra un carattere della variabilità delle ♀ in tutti i gruppi di *Sciurus vulgaris*, osservati.

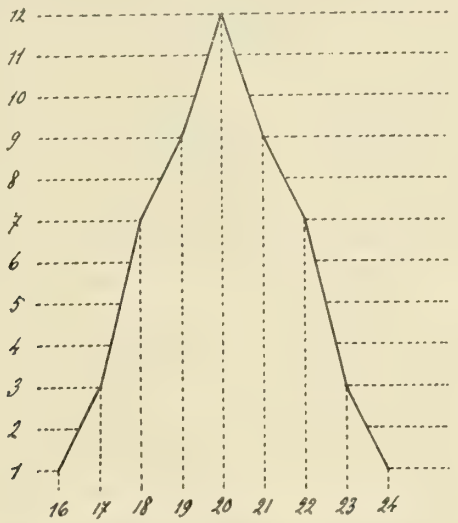


Fig. 7. — Curva della frequenza nella variabilità della misura assoluta della coda degli *S. vulgaris* alpini.

Dopo aver osservato separatamente questa lunghezza nel gruppo maschile e in quello femminile degli *Sciurus* alpini, per le ragioni esposte parlando della lunghezza totale, credo bene osservarla in tutti gli scoiattoli alpini riuniti senza distinzione di sesso.

La curva (fig. 7) che deriva dalla seriazione delle misure della coda negli esemplari alpini ha dei caratteri così netti ed evidenti che a tutti apparirà chiara la sua importanza. Infatti questa curva ha raggiunto una forma assolutamente regolare.

La curva della variazione della lunghezza assoluta della coda negli *S. vulgaris* alpini, è la più regolare di tutte quelle che mi è stato dato ottenere studiando la variabilità delle diverse parti del corpo in questa specie.

La regolarità completa della curva dice da sola, e a primo sguardo, che il centro del campo di variazione coincide esattamente colla media aritmetica e colla classe di maggior frequenza e anzi la curva ci dice molto di più sulla regolarità raggiunta nella variazione di questa lunghezza.

Passiamo ora ad osservare brevemente le misure relative della lunghezza della coda.

Nei maschi alpini esse variano da 153 a 197 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 44 360^{mi} somatici.

Col centro del campo di variazione coincide esattamente la classe di massima frequenza ma il loro valore e un po' superiore a quello della media aritmetica.

Nelle femmine queste misure variano da 150 a 194 360^{mi} somatici con un campo di variazione uguale per estensione a quello riscontrato nei ♂. La classe di maggior frequenza coincide in questo caso esattamente colla media aritmetica mentre il centro del campo di variazione ha valore un poco inferiore.

È degno di nota che la media aritmetica di questa misura relativa è superiore nelle ♀ che nei ♂. Ciò dimostra che oltre che nelle misure assolute la coda delle ♀ tende ad esser più lunga di quella dei maschi anche relativamente alla dimensione generale del corpo. Nondimeno le differenze fra i maschi e le femmine sono tenuissime anche rispetto alla lunghezza relativa della coda, infatti se riuniamo tutti gli esemplari alpini in un unico gruppo vedremo che i dati della seriazione divengono più regolari di quelli ottenuti dai gruppi di un sol sesso.

B) Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale. — La lunghezza della coda ci presenta in questo gruppo la sua massima variabilità. Infatti è in due maschi uno dell'Appennino modenese, l'altro del toscano che noi troviamo le misure estreme per la lunghezza della coda di tutti i 225 esemplari osservati dalle Alpi alla Calabria. E siccome queste due misure che includono fra loro un campo di variazione di ben 95 mm. sono riunite per mezzo di numerose classi intermedie, così, è evidente che tutta la variabilità riscontrata nella lunghezza della coda degli scoiattoli italiani null'altro è che la conseguenza di variazioni strettamente individuali.

Anche nei ♂ di questo gruppo la media aritmetica coincide esattamente colla classe di maggior frequenza ma esse però si mostrano un po' inferiori al centro del campo di variazione.

Nelle femmine la lunghezza assoluta della coda è assai meno variabile, variando solo da 193 a 230 mm. e la concordanza fra i dati risultanti dalla seriazione e dalla media è quasi perfetta. Come abbiamo osservato per gli esemplari alpini anche qui le femmine mostrano per questa misura, di tendere a dimensioni superiori a quelle dei ♂.

Inoltre per la lunghezza della coda gli scoiattoli tanto ♂ che ♀ di questo gruppo non diversificano da quelli della regione alpina rispettivamente dello stesso sesso.

Riunendo gli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale in un sol gruppo ed applicando la seriazione se ne ottiene la curva (fig. 8).

Essa è molto meno regolare di quelle che osservammo per gli esemplari alpini ma nel fare il confronto fra queste due dobbiamo tener presente che la curva degli esemplari alpini deriva da un gruppo più numeroso di individui e formato dallo stesso numero di ♂ e di ♀.

La curva di cui ora ci occupiamo non è però pluricuspidale nè presenta il suo culmine lontano dal centro del campo di variazione, tutt'altro, essa non può dirsi che poco irregolare presentando una unica cuspide che coincide colla classe 20 mentre il centro del campo di variazione è 21. Ma anche questa irregolarità diminuisce di

valore se si osserva che è un solo individuo che sposta il centro del campo di variazione e per di più questo individuo è dagli altri separato per mezzo d'una classe deserta. La cuspide poi coincide esattamente colla media aritmetica di tutti gli esemplari.

Venendo ora ad osservare le misure relative della coda negli scoiattoli di questo gruppo, vediamo che nei ♂ la lunghezza della coda va da 144 a 191 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 47 360^{mi} somatici La classe di maggior frequenza coincide col centro del campo di variazione, ed è di poco, superiore alla media aritmetica.

Nelle femmine questa misura varia da 161 a 188 360^{mi} somatici con un campo di variazione di soli 27 360^{mi} somatici.

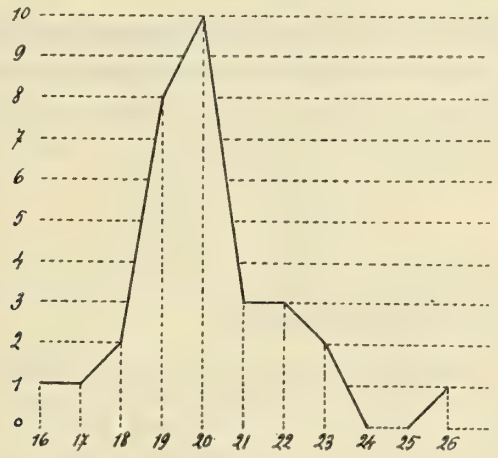


Fig. 8. — Curva della frequenza nella variabilità della misura assoluta della coda degli *S. vulgaris* dell'Italia settentrionale e centrale.

Si vede poi ancora dalle medie delle misure relative più evidente che dalle misure assolute la tendenza degli esemplari femminili ad avere la coda più lunga.

È importante il fatto che gli scoiattoli, quasi tutti, tanto ♂ che ♀, di questo gruppo hanno relativamente alla lunghezza totale, coda più breve che gli esemplari alpini. La media infatti era in quelli di 171 360^{mi} pei ♂ e 175 per le ♀ mentre negli esemplari di cui ora ci occupiamo essa è di 162 360^{mi} pei ♂ e 170 per le femmine.

C) Esemplari dell'Italia meridionale. — In questo gruppo non tengo conto dell'esemplare nano dell'Abruzzo per le ragioni dette precedentemente.

La variabilità della lunghezza assoluta della coda è assai piccola nei pochi ♂ di questo gruppo. Il campo di variazione infatti è di soli 32 mm. ma il centro di esso campo coincide quasi esattamente colla media aritmetica che è 196.

Uguale piccola variabilità riscontriamo nelle femmine sebbene esse siano un po' più numerose. Per esse il campo di variazione è di soli 30 mm. ed il centro di esso campo è 207; questo coincide con assoluta precisione colla media aritmetica.

La classe di maggior frequenza non ha gran valore visto il piccolo numero di esemplari.

Da queste misure appare evidente il fatto già rilevato negli altri gruppi, quello cioè della tendenza delle ♀ ad avere coda più lunga.

Vediamo inoltre che gli scoiattoli dell'Italia meridionale (tolta la Calabria) non diversificano per le misure assolute della lunghezza della coda, nè dagli scoiattoli alpini nè da quelli dell'Italia settentrionale e centrale.

Dalla riunione di tutti gli esemplari dell'Italia meridionnale (esclusa la Calabria) senza distinzione di sesso, otteniamo un gruppo, con dei caratteri più regolarmente stabiliti.

La curva derivante, per la lunghezza della coda, da questo unico gruppo (fig. 9) non è che poco irregolare ma non può darci risultati evidenti visto il numero degli individui.

Passiamo ora alle misure relative della lunghezza della coda in questo gruppo.

Nei ♂ essa va da 134 a 160 360^{mi} somatici con un campo di variazione di soli 26 360^{mi} somatici.

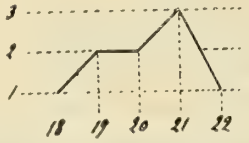


Fig. 9. — Curva della frequenza nella variabilità della misura assoluta della coda degli *S. vulgaris* del Napoletano.

Nelle ♀ va da 140 a 160 360^{mi} somatici con un campo di 11 360^{mi} somatici.

Pei ♂ la media è 149 360^{mi} somatici per le ♀ 155.

Le femmine hanno come di solito, tendenza ad avere la coda più lunga. Tutti poi gli esemplari tanto ♂ come ♀ di questo gruppo hanno relativamente alla lunghezza totale, coda non solo molto più corta che quella degli scoiattoli alpini, ma anche di quella degli scoiattoli dell'Italia settentrionale e centrale.

La media della lunghezza relativa della coda negli scoiattoli alpini, senza distinzione di sesso, è 173 360^{mi} somatici, in quelli dell'Italia settentrionale e centrale è 165; e in quelli dell'Italia meridionale 152.

D) Esemplari di Calabria. — La variabilità della lunghezza assoluta della coda nei ♂ di Calabria appare molto inferiore alla variabilità che essi presentano nella lunghezza totale. La lunghezza della coda va in questi pochi esemplari da 185 a 216 mm. con una media di 202 e un campo di variazione di 31 mm. (questi stessi esemplari hanno per la lunghezza totale un campo di variazione di ben 86 mm.).

Nelle ♀, come già dissi per la lunghezza totale abbiamo un minimo non probabile e quindi anche una media che ritengo troppo elevata.

La misura massima della coda è nelle ♀ 260 cioè uguale a quella già riscontrata in esemplare toscano.

Da ciò risulta che gli scoiattoli di Calabria così diversi per la lunghezza totale da quelli delle Alpi e dell'Italia settentrionale, non si diversificano per la lunghezza assoluta della coda.

Nelle misure relative si vede questa diversità di rapporto fra la lunghezza totale e quella della coda.

Nei ♂ infatti essa varia da 14.4 a 153 360^{mi} somatici con una media di 146.

Per le ♀ sono poco attendibili la minima e la media.

La media della lunghezza relativa della coda degli esemplari calabresi senza distinzione di sesso, è 153, nè quindi può dirsi diversa da quella riscontrata nel gruppo degli esemplari napolitani.

Riassumendo quanto avemmo a dire sulla lunghezza della coda in tutti i gruppi avremo:

1° che la lunghezza della coda varia in ciascun gruppo geografico con innegabile regolarità e che varia secondo le leggi della variabilità individuale;

2° che la lunghezza della coda è la meno irregolarmente variabile di tutte le misure esterne;

3° che non si modifica affatto da paese a paese così che il suo rapporto colla lunghezza totale diminuisce gradatamente di valore da nord a sud;

4° che in tutti gli scoiattoli d'Italia appare evidente che le ♀ tendono ad avere la coda più lunga dei ♂ tanto nelle misure assolute come nelle relative.

V.

Della lunghezza del piede posteriore.

Lunghezza piede posteriore.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure in mm.	54	54	56	56	57	57	59	61
Estremi campo variaz. assoluta .	48-59	50-59	53-67	51-61	56-59	56-59	57-61	59-62
Centro campo variazione assoluta.	53	54	60	56	57	57	59	61
Classe maggiore frequenza misura assoluta	54	54	55	57	—	—	—	—
Medie misure relative.	467	461	463	466	438	433	431	403
Estremi campo variazione relativa	432-520	431-520	424-489	436-519	428-447	424-446	389-473	398-408
Centro campo variazione relativa.	476	475	456	478	438	435	431	403
Classe maggiore frequenza relativa	440	460	450	440	430	420	—	—

Molti mammalogi sistematici posero la lunghezza del piede posteriore fra i caratteri esterni più importanti e se ne servirono quindi per la determinazione delle diverse specie o forme di micromammiferi.

Ora bisogna tener presente che uno stesso carattere può avere una costanza ed un valore notevolissimo in una data specie mentre è variabile ed irregolare in un'altra.

Ciò dico perchè mi è accaduto di riscontrare in ispecie assai vicine che un carattere stabile e netto nell'una fosse invece variabile e secondario nell'altra. Naturalmente quando parlo di stabilità bisogna intendere quella stabilità relativa che consente piccole oscillazioni individuali.

Per il carattere datoci dalla lunghezza del piede posteriore citerò come esempio che esso è poco variabile e quindi assai importante pei sistematici in alcune specie del genere *Crocidura*, mentre ha oscillazioni grandissime ed apparentemente irregolari in non poche specie del genere *Mus* e che si mostra carattere di valore per la determinazione di alcune forme di *Mustelidi* mentre non ne ha che pochissima per quella di altre forme dello stesso gruppo.

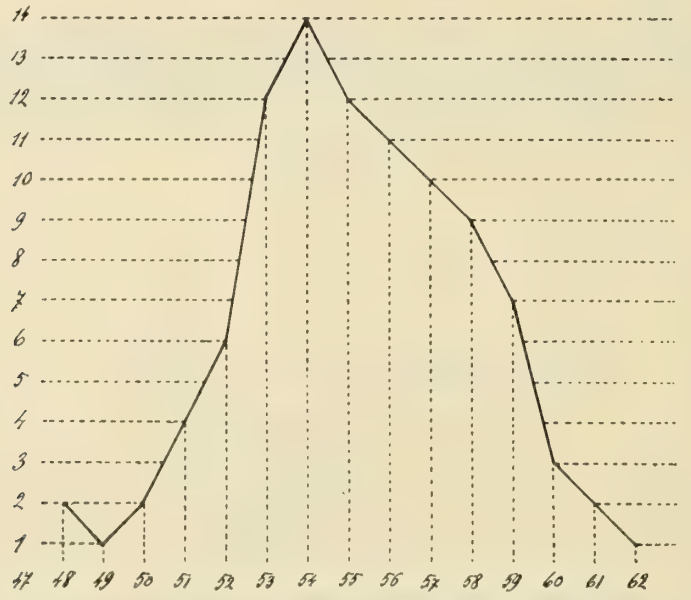


Fig. 10 — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del piede posteriore di tutti gli *S. vulgaris* italiani osservati

Nella specie di cui ora parliamo la lunghezza del piede è una delle misure meno regolari tra quelle da me prese. Ed io ne parlo a lungo solo perchè si tratta di una lunghezza che viene ormai da molti ritenuta sistematicamente importante.

Negli scoiattoli tutti da me osservati varia il piede posteriore da 48 a 67 mm. con un campo di variazione che è più di due quinti della intera misura minima (1).

Fatta poi la seriazione dei dati riguardanti le misure assolute di questa lunghezza, si ritrova una curva (fig. 10) che ha un'unica cuspide, ma che è poco simmetrica ai due lati della cuspide stessa.

(1) Nella discussione che segue non tengo conto dell'esemplare che ha per misura mm. 67 il quale da solo sposta tutto il campo di variazione.

Si ripete in questa curva, sebbene attenuato, il fatto che già osservammo in quella della lunghezza totale di tutti gli scoiattoli italiani, cioè la cuspide è posta sulla classe di maggior frequenza degli esemplari alpini mentre le gobbe che rendono asimmetrica la curva corrispondono quasi sempre alle classi di maggior frequenza degli altri gruppi.

Nondimeno la curva ottenuta è continua sebbene sia evidente che gli esemplari delle località meridionali tendono a spostarne la massima frequenza verso classi di maggior valore.

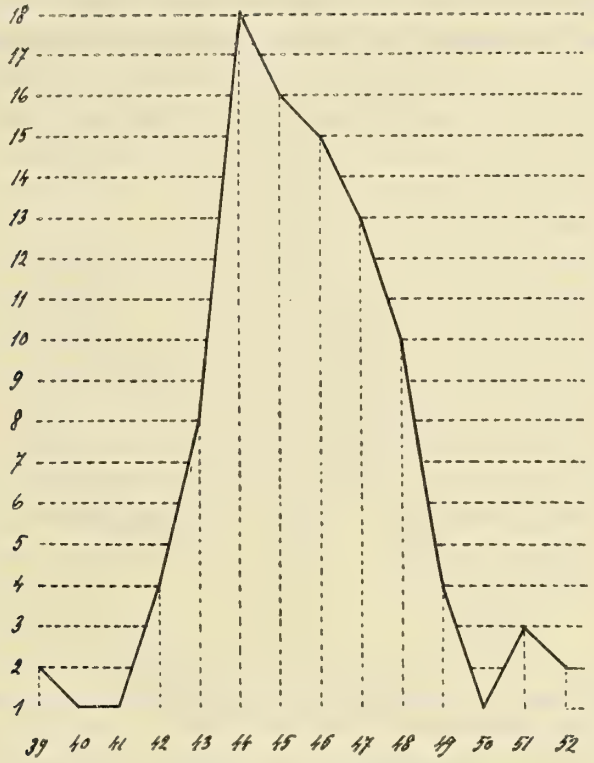


Fig. 11. — Curva della frequenza nella variabilità della misura relativa della lunghezza dol piede posteriore in tutti gli *S. vulgaris* italiani osservati.

Confrontando la variabilità di questa lunghezza con quella della lunghezza totale e della coda vediamo che essa è un po' meno irregolare che la variabilità della prima, ma più irregolare, sebbene non maggiore, che quella della seconda.

Passando ora alle misure relative vediamo che la lunghezza del piede posteriore varia in tutti gli scoiattoli d'Italia da 39 a 52 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 13 360^{mi} somatici.

Questa variabilità è abbastanza forte giacchè il suo campo di oscillazione rappresenta un terzo del valore minimo della misura stessa. Nondimeno la seriazione ci mostra che le misure relative si dispongono con una evidente regolarità così che la media aritmetica coincide esattamente col campo di variazione. La curva derivante dalla frequenza nelle diverse classi (fig. 11), è assai interessante perchè presenta

molti caratteri simili a quelli della curva ottenuta colla seriazione delle misure assolute; anzi questa curva è più regolare di quella.

A) Esemplari alpini. — Nei ♂ di questo gruppo le misure assolute del piede posteriore variano da 48,5 a 59 mm. e con regolarità tale che la media aritmetica (54) coincide quasi col centro del campo di variazione ed esattamente colla classe di maggior frequenza.

Nelle ♀ la variabilità di questa lunghezza è poco diversa andando da 50 a 59 mm.

Anche in questo caso si vede la regolarità delle variazioni coincidendo la media aritmetica col centro del campo di variazione e colla classe di maggior frequenza.

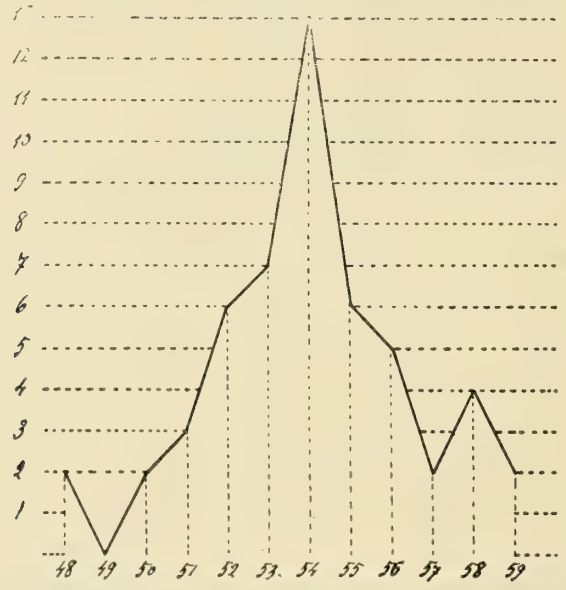


Fig. 12. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del piede posteriore degli *S. vulgaris* alpini.

Confrontando i risultati ottenuti dalle misure dei ♂ con quelli ottenuti da quelle delle ♀ vedremo che nella lunghezza assoluta del piede posteriore non vi è alcuna differenza fra gli esemplari d'un sesso e quelli dell'altro.

Riuniamo ora in un unico gruppo tutti gli esemplari alpini senza distinzione di sesso. Applicando a questo la seriazione vedremo che il centro del campo di variazione 53,7 coincide esattamente con la media aritmetica 53,7 ed è di pochissimo differente dalla classe di maggior frequenza 54.

Non ostante ciò la curva (fig. 12) che deriva dalle misure assolute del piede posteriore degli esemplari alpini può dirsi poco regolare. L'irregolarità di questa curva non appare tanto verso il centro di essa che è nettamente monocuspidale, ma verso gli estremi; ciò indica che nei numerosi esemplari osservati non abbiamo avuto tutte le dimensioni possibili del gruppo alpino.

Se confrontiamo questa curva a quella ottenuta dalle misure assolute del piede posteriore di tutti gli scoiattoli italiani osservati, vedremo che sebbene questa appaia

più irregolare, pure si avvicina ancora di più ad una curva simmetrica e osserveremo inoltre che le cuspidi massime delle due curve coincidono sulla stessa classe.

Passando ora ad osservare le misure relative del piede posteriore degli Scoiattoli alpini vediamo che nei ♂ variano da 43 a 52 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 9 360^{mi} somatici. La media aritmetica non è molto differente dal centro del campo di variazione (46,7 la prima, 47,6 la seconda) ma il loro valore è diverso da quello della classe di maggior frequenza che è sul 44.

Nelle ♀ alpine questa misura relativa varia da 43 a 52 360^{mi} somatici, cioè esattamente come nei ♂. La media aritmetica e il centro del campo di variazione sono pure vicinissimi a quelli osservati nei ♂, ma la classe di maggior frequenza ha valore superiore che nei ♂ essendo sul 46 anzichè sul 44.

Come già osservammo per le misure assolute del piede posteriore, così anche per queste vediamo che non vi è alcuna differenza apprezzabile nella variabilità del piede posteriore fra ♂ e ♀.

B) Esemplari d'Italia Settentrionale e Centrale (escluse le Alpi). — La lunghezza del piede posteriore raggiunge la più grande variabilità nei ♂ di questo gruppo oscillando da 53 a 67 mm. con un campo di variazione di 14 mm.

Inoltre la variabilità non appare molto regolare perchè se la media aritmetica 56, coincide quasi esattamente con la classe di maggior frequenza, 55, il centro del campo di variazione è invece di valore assai superiore, mm. 60.

Nondimeno si deve tener conto che ciò è dovuto ad un' unica misura, se si sopprime questa gli estremi della variazione saranno 53 e 50 e il centro del campo di variazione 56,5 che coinciderebbe esattamente o quasi con gli altri dati ottenuti.

Nelle femmine questa misura varia da 51,3 a 61,3 mm., e la media coincide esattamente col centro del campo di variazione e si scosta di pochissimo dalla classe di maggior frequenza.

Se confrontiamo i risultati ottenuti sulle misure del piede posteriore dei ♂ con quelli ottenuti sulle stesse misure dalle ♀, vedremo che essi sono uguali o quasi, per la media, che diversificano di poco nella classe di maggior frequenza ma che sono uguali o quasi, per la media, che diversificano di poco nella classe di maggior frequenza ma che sono assai diversi pel centro del campo di variazione. Ma questo deriva dalla misura di quell'unico maschio succitato.

Riunendo in un unico gruppo tutti gli esemplari dell' Italia settentrionale e centrale senza distinzione di sesso (ed escludendo dal gruppo stesso l'esemplare che ha per misura 67) avremo i risultati seguenti.

La media aritmetica è 56,3 e coincide precisamente col centro del campo di variazione, 56,3, ma non vi è un' unica classe di maggior frequenza giacchè la frequenza è uguale sulle classi 55 e 57.

Da ciò s' intende che la curva derivante da questa misura sarà molto irregolare.

Infatti la curva (fig. 13) è la più irregolare di tutte quelle da me ottenute; essa ha quattro cuspidi nettamente distinte e rispettivamente sulle classi 53, 55, 57 e 60. Le due cuspidi maggiori coincidono l' una con la classe di maggior frequenza dei ♂ e l'altra con quella delle ♀.

Questa curva non può venir senz'altro confrontata con quella che per la stessa misura ottenemmo dagli esemplari alpini che sono più numerosi, ma può essere confrontata con quelle che riguardano la lunghezza totale e la lunghezza della coda in questo medesimo gruppo. La curva fig. 3, fig. 8 e questa fig. 13 sono ottenute dagli stessi esemplari e ci mostrano perciò con evidenza quanto sia più grande la irregolarità delle variazioni in questa grandezza che nelle altre due succitate.

Passiamo ora ad osservare le misure relative del piede posteriore nel gruppo di cui ora trattiamo. Nei ♂ esse variano da 42,4 a 48,9 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 6,5. La media aritmetica 46,3 diversifica dal centro del campo di variazione solo di 0,7 360^{mi} somatici, e questo coincide esattamente con la classe di maggior frequenza.

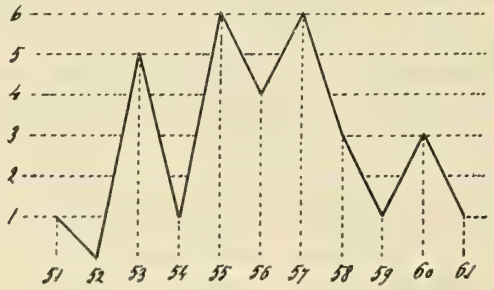


Fig. 13. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del piede posteriore degli *S. vulgaris* dell'Italia settentrionale e centrale,

Nelle ♀ le misure relative vanno da 43,6 a 51,9 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 8,3. La media aritmetica è 46,6 e si mostra intermedia fra il centro del campo di variazione di variazione 47,8 e la classe di maggior frequenza che sono assai diversi l'uno dall'altro.

È da osservarsi che nelle misure relative del piede di questo gruppo le ♀ appaiono assai più irregolarmente variabili dei ♂ ma nondimeno non si riscontra alcun carattere distintivo fra i due sessi.

Se riuniamo tutti gli esemplari senza distinzione di sesso avremo per questo gruppo una media di 46,4 cioè una media identica a quella ottenuta dalle misure relative del piede posteriore di tutti gli esemplari alpini.

C) Esemplari dell'Italia meridionale (esclusa la Calabria). — La lunghezza del piede posteriore varia nei pochi ♂ di questo gruppo da 56 a 59 mm. con una media di 57,6 e un centro del campo di variazione di 57,5.

Nelle ♀ questa misura ha gli stessi minimo e massimo che nei ♂ e la media 57,8 può pure dirsi simile.

È superfluo in questo caso fondere in un solo gruppo gli esemplari maschili e femminili poichè la media e il campo di variazione non ne sarebbero alterati.

Le misure relative poi variano nei ♂ da 42,8 360^{mi} somatici a 44,7 con una media di 43,8 e nelle ♀ da 42,4 a 44,6 con una media di 44,3 360^{mi} somatici.

Per diminuire la causa d'errore che sta nell'esiguo numero d'esemplare uniamo tutti i dati relativi in un solo gruppo. Ne ricaveremo una media di 43,5 ed un centro del campo di variazione assolutamente uguale.

Gli scoiattoli dell'Italia meridionale (senza la Calabria) presentano per la misura assoluta di questa parte una media superiore non solamente a quella degli esemplari alpini; ma anche a quella degli esemplari dell'Italia centrale; mentre per le misure relative hanno media assai inferiore a quella dei gruppi precedenti 43,5 invece di 46).

D) Esemplari della Calabria. — I pochi ♂ di questo gruppo variano per questa lunghezza da 57,8 mm. a 61,2 con una media di 59,5 e un centro del campo di variazione a questa uguale.

Delle due femmine una ha il piede posteriore di 59,6 mm. e l'altra di 62,5.

La media di tutti gli esemplari è pel piede posteriore 60 mm. che coincide può dirsi esattamente col centro del campo di variazione.

Per le misure relative di questa parte i ♂ oscillano fra i 38,9 e 47,3 360^{mi} somatici e le femmine hanno le misure 39,8, 40,8; la media è per tutti gli esemplari calabresi 42 360^{mi} somatici, ma io credo che essa dovrebbe essere più alta avendosi un centro del campo di variazione di 43,1.

Non si possono trarre conclusioni sicure dal confronto delle misure delle ♀ con quelle dei ♂, causa il piccolo numero d'esemplari, ma nondimeno par logico asserire che non vi è differenza apprezzabile fra un sesso e l'altro nelle dimensioni del piede e ciò perchè i campi di variazione, nei due sessi, si sovrappongono quasi completamente.

Concludendo intorno a quanto esponemmo della lunghezza del piede posteriore in tutti i gruppi avremo:

1° che questa lunghezza segue le solite regole della variabilità con regolarità assai meno evidente di quella riscontrata in molte altre misure, che cioè per avere una perfetta curva della variazione di questa grandezza sono necessarî esemplari molto più numerosi di quelli richiesti per raggiungere lo stesso risultato da non poche altre grandezze anche esterne;

2° che negli esemplari italiani la misura assoluta del piede posteriore va gradatamente aumentando da nord a sud ma non con la stessa progressione che la lunghezza totale, perciò le misure a questa relative sono invece leggermente decrescenti da nord a sud;

3° che non vi è nessun carattere del piede posteriore il quale varii secondo il sesso.

VI.

Di alcune altre misure esterne.

In alcuni miei precedenti lavori intorno a certe specie di micromammiferi presi fino a 53 misure su ogni individuo. Di queste 53, 13 erano prese sull'esterno e le altre sullo scheletro.

Ora ho ritenuto superfluo studiare tutte le variazioni che subiscono alcune grandezze le quali non hanno che un valore molto secondario e che si riferiscono spesso alle parti molli, tanto facilmente alterabili.

Ho perciò ridotto a sole 5 le misure esterne prese sugli scoiattoli e di tre sole di queste ho trattato a lungo.

Voglio nondimeno accennare alle variazioni osservate nella lunghezza del piede anteriore perchè è degno di nota che questa lunghezza non è più irregolarmente variabile che quella del piede posteriore a cui tutti cercano attribuire maggior valore, e voglio accennare alla lunghezza dell'orecchio perchè essa è di solito fra le poche misure riportate dagli autori.

In tutti gli scoiattoli italiani senza distinzione di gruppo o di sesso la lunghezza assoluta del piede anteriore varia da 32 a 46 mm. con un campo di variazione di 14 mm., cioè con un campo d'oscillazione in proporzione poco diverso da quello osservato per il piede posteriore di tutti gli scoiattoli italiani.

La media della lunghezza assoluta del piede anteriore è per tutti gli esemplari riuniti 40 mm. ed il centro del campo di variazione 39, ma con questi valori non coincide per niente una classe di frequenza superiore.

È degno di nota che negli esemplari alpini si trovano due misure che son quasi le estreme, cioè 33 e 46 mm. Questo fatto che si ripete poi in due esemplari colti sull' Appennino tosco-bolognese, dimostra che le oscillazioni della lunghezza del piede anteriore sono dovute quasi esclusivamente alla variazione individuale.

Nondimeno se osserviamo le medie e i centri dei campi di variazione di ogni gruppo, vedremo alcune leggere diversità.

Le misure assolute hanno negli esemplari alpini come media 40,8 e come *C. C. V.* 39,5; quelli dell' Italia centrale e settentrionale come media 38,1 e come *C. C. V.* 38,5; in quelli del Napolitano come media 40,8 e come *C. C. V.* 40,7; e nei Calabresi come media 41,6 e come *C. C. V.* 41,6.

E sarà facile vedere che anche per questa misura la frequenza maggiore tende a spostarsi verso le classi di maggior valore negli esemplari meridionali.

Nondimeno il gruppo degli esemplari dell' Italia settentrionale e centrale non segue la regola che abbiamo osservata fin ora per le altre lunghezze assolute che cioè esse tendono ad aumentare in media man mano che si va verso sud. Nelle misure relative invece è evidente anche per questa lunghezza la tendenza a decrescere da nord a sud.

Le misure relative hanno rispettivamente come media e come *C. C. v.* negli esemplari alpini 34,8 e 33,5 360 mi somatici, in quelli dell' Italia settentrionale e centrale 30,5 e 30, e in quelli dell' Italia meridionale 30,7 e 31, e in quelli calabresi 29,1 e 29,3.

Buttiamo ora uno sguardo rapido sulle misure dell'orecchio (1).

La lunghezza assoluta di questo varia in tutti gli esemplari italiani da 12,6 a 22 mm. con un campo di variazione di 9,4 mm., cioè con un campo di variazione che è uguale ai tre quarti della stessa misura minima.

Questa variabilità è, relativamente alla grandezza, la più vasta di tutte quelle osservate tanto in misure esterne che interne.

Ed anche per questa misura è evidente che le oscillazioni sono dovute esclusivamente a variazioni individuali giacchè in due esemplari entrambi còlti sull'Appennino modenese l'orecchio varia da 13,4 a 20 mm.

Le misure assolute dell'orecchio hanno negli esemplari alpini come media 15,4 e come centro del campo di variazione 15,3; in quelli dell' Italia settentrionale e centrale come media 16,9 e come *C. C. V.* 16,7; in quelli dell' Italia meridionale come media 18,3 e come *C. C. V.* 18,2, e in quelli calabresi come media 20,5 e come *C. C. V.* 20,9.

Da questi pochi dati è reso chiaro che la lunghezza dell'orecchio sebbene variabilissima, pure tende a divenire superiore man mano che si va da nord a sud della penisola, e se osserveremo le medie delle misure relative vedremo che essa lunghezza non solo aumenta in tale direzione come quasi tutte le altre lunghezze, ma assai più sensibilmente aumentando relativamente molto più che la lunghezza totale.

Nelle lunghezze precedentemente osservate vedemmo infatti che se le misure assolute aumentano da nord a sud, quelle relative invece vanno diminuendo. In questo caso invece vanno aumentando tanto le une come le altre.

Infatti la lunghezza dell'orecchio nelle misure relative ha come media e come centro del campo di variazione rispettivamente per gli esemplari alpini 13,2 e 12,7 360 mi somatici, per quelli dell' Italia settentrionale e centrale 13,7 e 13,9, per quelli dell' Italia meridionale 13,8 e 13, e pei Calabresi 14,4 e 14,6.

Non mi dilungo ad esporre delle conclusioni perchè esse mi paiono evidenti, nè parlo di altre misure esterne per le ragioni già dette.

(1) Io misuro la lunghezza dell'orecchio posteriormente al padiglione e nella sua parte centrale appoggiando una parte del compasso al cranio al centro del padiglione e facendo scivolare l'altra fino all'apice di questo.

VII.

Della lunghezza del cranio.

Lunghezza del cranio.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure assolute	51	51	52	52	53	54	55	56
Estremi campo variaz. assoluta .	48-53	46-55	50-55	50-53	52-55	52-55	54-56	56-57
Centro campo variazione assoluta.	51	51	53	52	53	53	55	56
Classe maggiore frequenza assoluta	52	51	52	52	—	54	56	56
Medie misure relative	452	441	431	427	412	405	403	374
Estremi campo variaz. relativa .	405-475	401-473	404-469	400 452	404-418	393-416	369-433	364-385
Centro campo variaz. relativa . .	440	437	436	426	411	405	401	374
Classe magg. frequenza relativa .	450	440	420	430	410	400	—	—

Lo studio della variabilità di questa lunghezza è importantissimo sotto ogni aspetto perchè permetterà di riscontrare se nelle diverse specie di mammiferi si ritrovino quelle leggi che gli antropologi hanno osservate nella variabilità del cranio umano, e che alcuni paleontologi asseriscono doversi trovare in ogni specie di mammiferi, e ci mostrerà quale nesso abbiano le variazioni della lunghezza del cranio con quelle delle altre parti del corpo e con le influenze esteriori dell'ambiente.

Il rapporto fra la massima lunghezza del cranio e la sua massima larghezza, cioè l'*indice cranico*, come il rapporto fra la stessa lunghezza e l'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare, sono due dati così importanti che ne parleremo a parte dopo aver trattato separatamente di ognuna delle grandezze.

La lunghezza massima del cranio varia in tutti gli esemplari italiani raccolti da 46 a 57,2 mm. con un campo di variazione di 11,2 mm.

Il centro del campo di variazione cade sul 51,6 e con esso coincide esattamente la media aritmetica; la classe di maggior frequenza è pure vicinissima trovandosi sul 52.

Ciò basterebbe per dimostrarci la grande regolarità delle variazioni della lunghezza del cranio e in un gruppo non molto omogeneo. Ma l'osservare la curva (fig. 14, che deriva dalla seriazione di queste misure è ancora più convincente. Questa curva infatti è diversa da tutte quelle derivanti da misure assolute finora osservate; su di un campo di variazione di 12 classi essa ha un valore massimo di frequenza di 36 cioè il doppio di quello che ha la classe che è seconda per frequenza.

Quindi non solamente essa curva è monocuspidale ma è acuminatissima e quasi simmetrica. Vedremo andando avanti come le curve della variabilità delle misure del cranio tendano sempre ad assumere una forma di questo genere.

Ciò dimostra che le misure del cranio, dato lo stesso numero d'osservazioni, sono molto più stabili e che anche entro i limiti della loro variabilità esse si dispongono in modo tale da far assumere ad una classe mediana un valore di frequenza grandemente superiore a quello delle classi immediatamente vicine.

Passiamo ora ad osservare la variabilità del rapporto che corre fra la lunghezza del cranio e quella dell'intero animale in tutti gli esemplari italiani osservati.

Essa misura varia da 36,4 a 47,5 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 11 360^{mi} somatici, la media aritmetica 42,8 è di pochissimo superiore al centro del campo di variazione 42, ma sono entrambe inferiori alla classe di maggior frequenza che cade sul 44.

La curva (fig. 15) derivante dalla frequenza nelle diverse classi delle misure relative è naturalmente molto meno regolare di quella che si deduce dalle misure assolute e ciò sarà sempre in tutte le misure del cranio, perchè la variabilità e la irregolarità di queste sono sempre relativamente più grandi nella misura della lunghezza totale che non nella lunghezza cranica che le si confronta.

Nondimeno ci sarà facile vedere che le misure del cranio non variano irregolarmente in rapporto alla statura degli individui, ma che sebbene siano molto più stabili, pure ne seguono leggermente le variazioni.

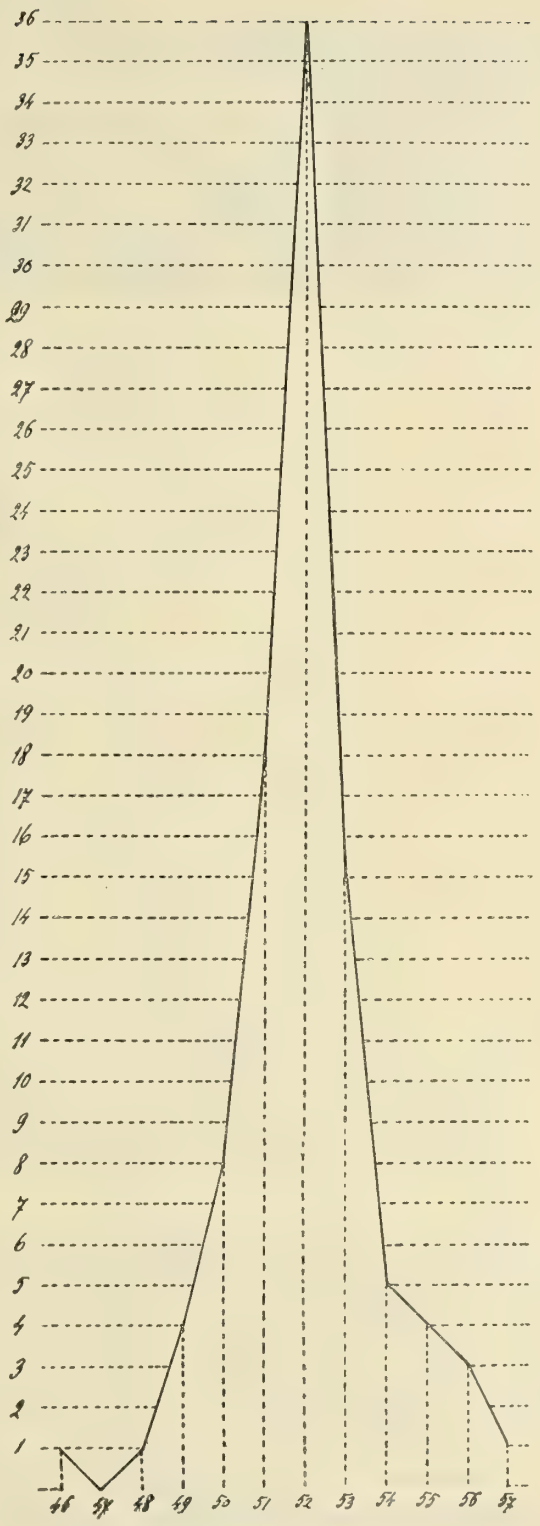


Fig. 14 — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* italiani osservati.

La succitata curva infatti è abbastanza regolare, presenta un campo di variazione di sole 19 classi (esattamente come la curva delle misure assodate), ed ha un'unica cuspide ben accentuata.

A) Esemplari alpini. — Considerando le misure assolute della lunghezza del cranio nei ♂ alpini vediamo che esse variano da 48,8 a 53,1 mm. con un campo di variazione di soli 43 mm.

La media aritmetica è 51 e coincide esattamente col centro del campo di variazione; la classe di maggior frequenza è un po' superiore essendo sul 52.

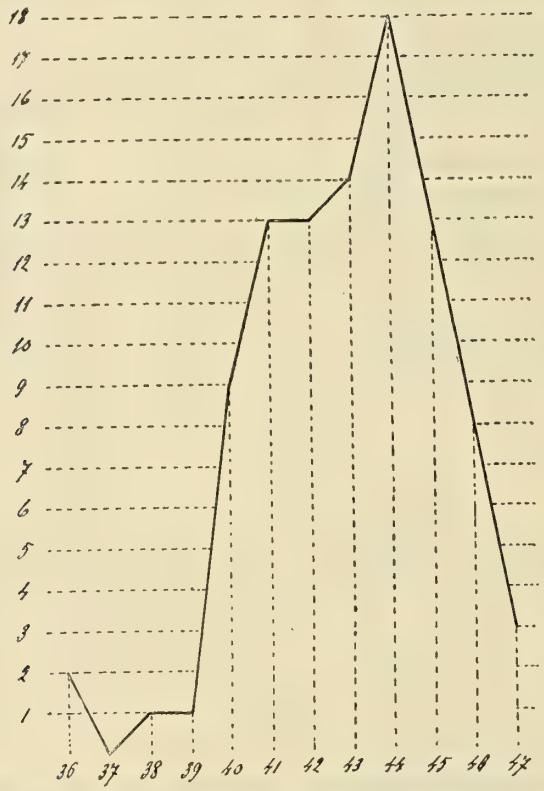


Fig. 15. — Curva della frequenza nella variabilità della misura relativa della lunghezza del cranio negli *S. vulgaris* italiani osservati.

Nelle ♀ alpine la variabilità di questa misura appare a primo aspetto un po' maggiore oscillando essa fra 46 e 55 mm., ma se, osservato che la misura minima deriva da quell'unico esemplare nano di cui già parlammo a pag. 517, lo togliamo come facemmo per la lunghezza totale, allora vedremo che la lunghezza del cranio varia in tutte le altre ♀ alpine da 49,9 a 55 mm. con un campo di variazione quasi simile a quello osservato pei ♂.

Nondimeno è degno di nota che il centro del campo di variazione coincide esattamente con la media aritmetica, 51, e colla classe di maggior frequenza, 51, se si tiene conto del piccolo esemplare del Gottardo e ne diversifica invece di circa 1 mm. se lo si scarta. Ad ogni modo è evidentissima la grande regolarità con cui varia tanto

nelle ♀ come nei ♂ la lunghezza del cranio. Inoltre si vede che non vi è una differenza stabile fra la lunghezza assoluta del cranio dei maschi e quello delle femmine.

Riuniti ora in un unico gruppo tutti gli esemplari alpini vediamo che il centro del campo di variazione della lunghezza dei loro craní, è uguale alla media aritmetica 51, e che questi dati sono di poco inferiori alla classe di maggior frequenza 52.

La curva che deriva dalle misure assolute della lunghezza del cranio degli esemplari alpini (fig. 16) è assai più regolare di quanto lo potrebbero far supporre i tre dati qui sopra citati. Essa infatti è nettamente monocuspidale, presenta una forma

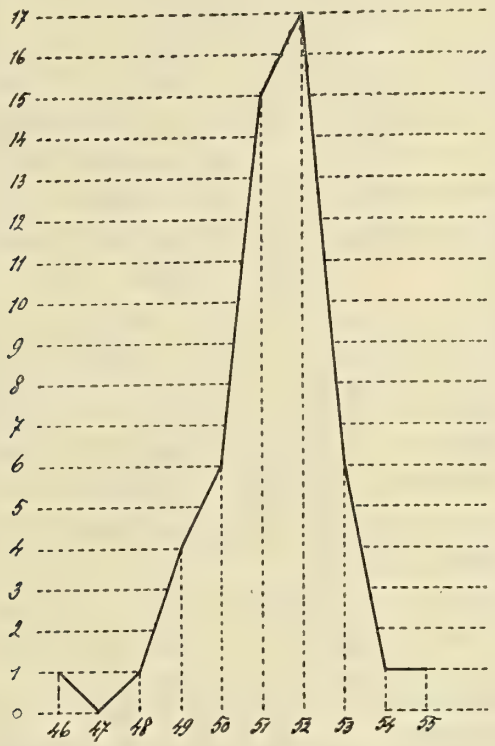


Fig. 16. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* alpini.

acuminatissima, essendo la classe di maggior frequenza e quella che immediatamente la precede molto più ricche delle altre; e ha così disposta la frequenza che è quasi uguale il numero degli esemplari dall'una come dall'altra parte del campo di variazione.

Confrontando questa curva con quella ottenuta dalla lunghezza del cranio di tutti gli esemplari italiani osservati, vedremo che questa è un po' meno regolare, e che la classe di maggior frequenza è in entrambe la stessa.

Passiamo ad osservare le misure relative di questa lunghezza.

Nel ♂ alpini vanno da 40,5 a 47,5 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 7 360^{mi} somatici. La media aritmetica, 45,2 coincide colla classe di maggior frequenza ed è un poco superiore al centro del campo di variazione 44.

Nelle ♀ alpine questa misura relativa va da 40,1 a 47,3 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 7,2 360^{mi} somatici La media aritmetica 44,1 coincide colla classe di maggior frequenza ma è un po' superiore al centro del campo di variazione 43,7.

Queste ultime misure relative confrontate a quelle dei ♂ ci mostrano colla massima evidenza che la lunghezza relativa del cranio femminile non è che di poco diversa da quella del maschile ma che tale diversità deriva dalla tendenza delle ♀ ad avere cranio più corto relativamente alla lunghezza totale degli individui.

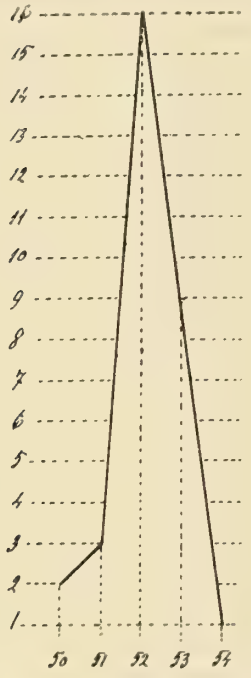


Fig. 17. — Curva della frequenza nella variabilità della lunghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* della Italia settentrionale e centrale.

B) Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale (escluse le Alpi). — Nei ♂ di questo gruppo la lunghezza assoluta del cranio varia da 50,8 a 55 mm. con un campo di variazione di 4,2 mm. La media aritmetica è 52.6 e coincide esattamente colla classe di maggior frequenza e col centro del campo di variazione 52,9, (i tre decimi di millimetro sono trascurablli in un numero grande di misure e grandissimo di operazioni).

Nelle ♀ questa misura va da 50,2 a 53,8 mm. con un campo di variazione di soli 3,6 mm.; la media aritmetica 52,3 coincide colla classe di maggior frequenza e col centro del campo di variazione 52 (per la differenza dei tre decimillimetri dicasi come sopra).

Risulta più che mai evidente la grandissima regolarità della variabilità della lunghezza assoluta del cranio e la nessuna diversità per questa lunghezza fra ♂ e ♀.

Riunendo in un unico gruppo tutti gli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale avremo dalla seriazione risultati regolarissimi.

La media coincide infatti esattamente tanto col centro del campo di variazione come colla classe di maggior frequenza. La curva della variazione della lunghezza assoluta in questo gruppo è infatti regolare assai (fig. 17) e presenta la forma acuminatissima che abbiamo visto essere propria alle curve di questa grandezza.

È degno di nota il fatto che essa curva appare ancor più regolare di quella derivante dalla seriazione della lunghezza assoluta del cranio negli esemplari alpini.

Le misure di questa lunghezza relative alla lunghezza totale, variano nei ♂ da 40,4 a 46,9 360^{mi} somatici, con un campo di variazione di 6,5 360^{mi} somatici.

La media è 43,1 e coincide quasi col centro del campo di variazione 43,6; la classe di maggior frequenza è un po' minore 42.

Nelle ♀ queste misure variano da 40 a 45,2 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 5,2 360^{mi} somatici. La media 42,7 coincide col centro del campo di variazione; la classe di maggior frequenza è un po' superiore 43.

Confrontando queste misure con quelle dei ♂ vedremo che, come nel gruppo precedente, le femmine tendono ad avere il cranio un po' più corto in rapporto alla lunghezza totale dell'individuo.

Se confrontiamo ora tutti i risultati ottenuti sulla lunghezza del cranio in questo gruppo, con quelli derivati dallo studio degli esemplari alpini, ci apparirà evidente che per le misure assolute vi è un aumento di lunghezza del cranio tanto nei ♂ come nelle ♀ mentre per le relative vi è una evidente diminuzione.

C) Esemplari dell'Italia meridionale (esclusa la Calabria). — Nei pochi ♂ di questo gruppo la lunghezza assoluta del cranio varia fra 52 La media e 55 mm. aritmetica è 53,7 e coincide esattamente col centro del campo di variazione 53,6.

Nelle ♀ la variabilità osservata in questa misura è identica a quella dei ♂, da 52,3 a 55 mm., ma la media è un po' più elevata, ciò ha pochissimo valore visto il numero esiguo d'esemplari.

Riunendo in un unico gruppo tutti gli esemplari senza distinzione di sesso avremo come media 53,9 mm. che coincide quasi col centro del campo di variazione 53,5. Non vi è una classe di maggior frequenza e ciò deriva dal numero esiguo dei dati.

È da osservarsi che mentre l'esemplare a cranio meno lungo fra gli osservati lo ha di 4 mm. superiore al minimo degli alpini e di 2 mm. superiore al minimo di quelli dell'Italia settentrionale e centrale, ben tre uguagliano o superano il massimo della lunghezza del cranio raggiunto nei due gruppi precedenti.

Nelle misure relative la lunghezza del cranio oscilla nei ♂ da 40,4 a 41,8 360^{mi} somatici con una media di 41,2 che coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione 41,1 e colla classe di maggior frequenza 41.

Nelle ♀ le misure relative della lunghezza del cranio vanno da 39,3 a 41,6 360^{mi} somatici con una media di 40,5 che coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Anche qui come nei due gruppi precedenti è evidente il fatto che le ♀ tendono ad avere il cranio un po' più corto relativamente alla lunghezza totale dell'individuo.

Confrontando la lunghezza del cranio degli esemplari di questo gruppo con quella osservata nei due precedenti, vediamo che nelle misure assolute vi è un aumento mentre per le relative vi è una forte diminuzione.

D) Esemplari calabresi. — La lunghezza assoluta del cranio varia nei tre maschi da 54,5 a 56 mm. con una media di 55. Nelle femmine essa ha i valori di 56,3 e 57,2.

Riunendo senza distinzione di sesso i cinque esemplari, avremo un campo di variazione che va da 54,5 a 57,2 una media di 55,9, un centro del campo di variazione pure di 55,9 e una classe di maggior frequenza sul 56. La coincidenza di questi dati in un numero piccolo di esemplari ci indica chiaramente la regolarità delle variazioni di questa lunghezza in questo gruppo.

Il minimo della lunghezza del cranio in questo gruppo è di soli 0,5 mm. inferiore al massimo raggiunto in tutti i gruppi precedenti ed il massimo è di 2 mm. superiore.

Nelle misure relative la lunghezza del cranio varia nei ♂ da 36,9 a 43,3 360^{mi} somatici con una media di 40,3; nelle ♀ ha per valore 36,4 e 38,5 360^{mi} somatici.

Sebbene non ci si possa fondare sui due soli esemplari femminili per fare una deduzione pure è importante osservare che come in tutti i gruppi precedenti così anche in questo le femmine tendono ad avere il cranio più corto in rapporto alla lunghezza totale.

Osservando i dati ottenuti dai pochi esemplari calabresi vediamo che nelle misure assolute il cranio tende ad esser più lungo che in tutti gli altri gruppi geografici mentre nelle relative alla lunghezza totale, tende ad esser più corto che in essi.

Riassumendo quanto sopra abbiamo esposto sulla lunghezza del cranio in tutti i diversi gruppi abbiamo:

1° che la lunghezza assoluta del cranio è molto meno variabile di tutte le misure esterne prima osservate e che il più delle volte è anche più regolarmente variabile di esse;

2° che la curva derivante da tutti i dati assoluti raccolti su questa lunghezza come le altre derivanti da quelli dei singoli gruppi, hanno una forma accuminatissima diversa da quella di tutte le curve osservate per le misure assolute delle lunghezze esterne;

3° che nelle misure assolute della lunghezza del cranio non è possibile riscontrare alcun carattere differenziale fra i ♂ e le ♀, mentre per le misure relative alla lunghezza totale è evidente, in ciascuno di tutti i gruppi studiati, la tendenza delle ♀ ad avere cranio più breve;

4° che la lunghezza assoluta del cranio va gradatamente aumentando, negli esemplari italiani, da nord a sud (medie: Alpi mm. 51, Italia settentrionale e centrale mm. 52, Napoletano mm. 53,9, Calabria 55,9), mentre la stessa lunghezza relativamente alla statura dell'individuo va gradatamente decrescendo (media: Alpi 44,6, Italia settentrionale e centrale 42,9, Napoletano 40,8, Calabria 39,1 360^{mi} somatici).

VIII.

Della larghezza massima del cranio.

Larghezza massima del cranio.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure assolute	30	29	30	30	30	29	33	33
Estremi campo variaz. assoluto .	27-33	28-31	28-34	28-31	28 31	29-29	32-33	33-34
Centro campo variaz. assoluto .	30	29	31	30	30	29	32	33
Classe magg. frequenza assoluta .	30	29	30	29	—	29	33	33
Medie misure relative	261	252	249	245	227	222	243	221
Estremi campo variaz. relativo .	232-289	228-281	229 301	231-265	221-237	215-232	221-262	212-230
Centro campo variaz. relativo . .	260	251	265	248	229	223	241	221
Classe magg. frequenza relativa .	260	250	240	240	220	220	—	—

È questa, dopo quella della lunghezza del cranio, una delle misure che più spesso portano i descrittori di specie o forme mammalogiche. Essa ha infatti un grande valore essendo una delle tre o quattro che informano il cranio stabilendone oltre che la grandezza, anche i diversi rapporti.

La larghezza massima del cranio, varia in tutti gli scoiattoli italiani osservati da 27,8 a 34,3 mm. con un campo di variazione di 6,5 mm.

La media aritmetrica è 30, mostrandosi così intermedia fra la classe di maggior frequenza 29, e il centro del campo di variazione 31.

Bastano questi pochi dati per dimostrarci che larghezza assoluta del cranio è molto meno regolare nelle sue variazioni che la lunghezza, ma nondimeno il campo di variazione è assai più limitato.

La curva (fig. 18) derivante dalla variazione di questa grandezza in tutti gli esemplari italiani ci appare assai più regolare di quanto si possa supporre e la sua forma è pure del tipo solito alle curve osservate per la lunghezza del cranio.

Sono infatti così disposti i dati raccolti da avere essa curva un massimo di frequenza di 21 su di un campo di variazione di sole 8 classi.

Per rafforzare quanto abbiamo esposto possiamo anche dire che nelle due classi 29 e 30 si dispongono ben 55 dei 92 dati ordinati.

La curva fig. 18 è infatti chiaramente monocuspidale e ha la forma allungata ed acuminatissima delle curve proprie alle misure del cranio.

Confrontata a quella derivante dalle misure assolute della lunghezza del cranio di tutti gli scoiattoli italiani si vedrà come essa benchè meno regolare dimostri

che la larghezza del cranio ha una stabilità proporzionalmente più grande che la lunghezza.

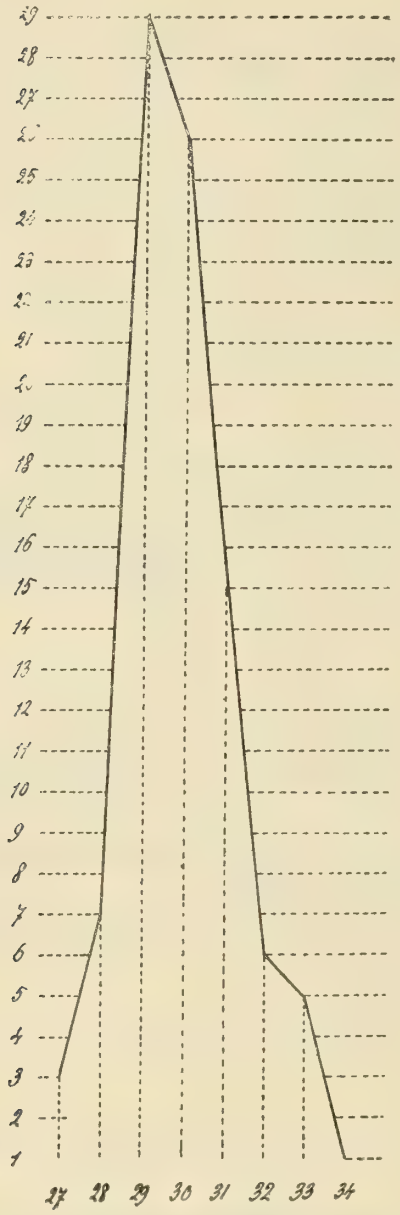


Fig. 18. — Curva della frequenza nella variabilità della massima larghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* italiani osservati.

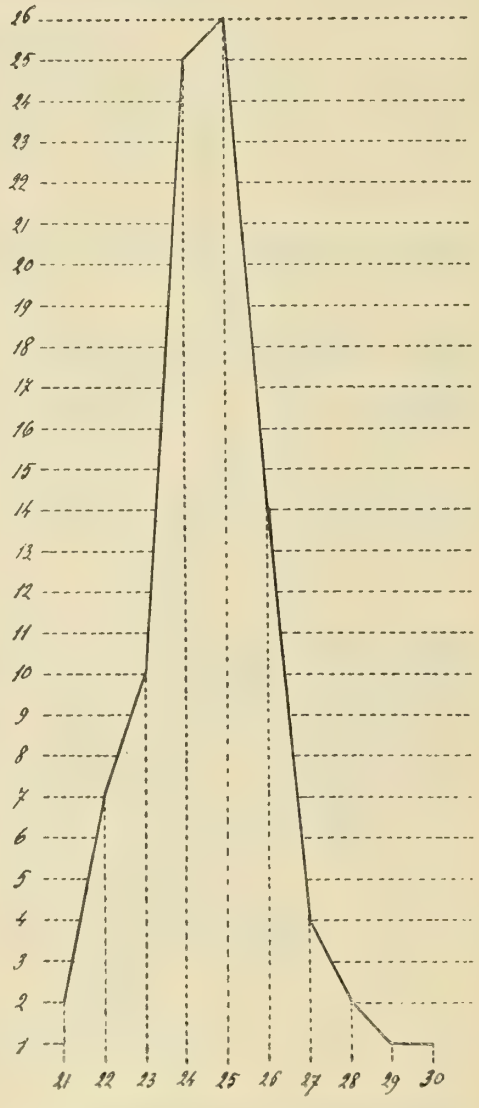


Fig. 19. — Curva della frequenza nella variabilità della misura relativa della massima larghezza del cranio degli *S. vulgaris* italiani osservati.

La misura della larghezza del cranio in rapporto alla lunghezza totale dell'individuo varia in tutti gli esemplari italiani osservati da 21,2 a 30,1 360^{mi} somatici, con un campo di variazione di 9 360^{mi} somatici; la media aritmetica 25, è di pochis-

simo diversa dal centro del campo di variazione 25,6, ed entrambi coincidono colla classe di maggior frequenza 25.

Da ciò s'intende che le curve derivanti dalle misure relative della larghezza del cranio in tutti gli *Sciurus* d'Italia dev'essere piuttosto regolare.

Infatti essa (fig. 19) presenta un'unica cuspide che coincide esattamente colla media e quasi esattamente col centro del campo di variazione. Nondimeno essa è meno regolare di quanto si possa supporre dai dati su esposti perchè ha la classe che precede quella di maggior frequenza inferiore solo di un'unità a questa, e ciò sposta tutta la regolare disposizione della frequenza.

È facile vedere che le variazioni della larghezza del cranio sono in rapporto a *quelle della lunghezza totale* dell'individuo molto più regolari che non quelle della lunghezza del cranio.

A) Esemplari alpini. — La larghezza assoluta del cranio nei ♂ alpini varia da 27,8 a 33 mm. con un campo di variazione di 5,2 mm. cioè con un campo di variazione ben di poco inferiore a quello osservato per tutti gli esemplari italiani senza distinzione geografica.

La media è 30,3 mm, e coincide esattamente col centro del campo di variazione e colla classe di maggior frequenza.

Nelle ♀ alpine questa misura va da 27,9 a 31,6 con un campo di variazione di soli 3,7 mm. La media aritmetica 29,8, coincide anche in questo caso esattamente col centro del campo di variazione e colla classe di maggior frequenza. Anche per questa lunghezza non vi è differenza sensibile fra i ♂ e le ♀ il campo di variazione di queste ultime essendo tutto incluso in quello osservato pei ♂, e di poco inferiore la media.

Riuniti senza distinzione di sesso gli esemplari alpini in unico gruppo vediamo che la media della larghezza massima del cranio è 30 mm. e che essa coincide col centro del campo di variazione, ma che non vi è una sola classe di maggior frequenza bensì due classi superiori alle altre per frequenza ma simili fra loro, cioè le classi 29 e 30.

La curva derivante dalle misure assolute della larghezza del cranio degli esemplari alpini (fig. 20) è in conseguenza di quanto sopra dicemmo, non molto regolare. Infatti essa non ha un'unica cuspide ma due punti ugualmente alti sulle classi 29 e 30; è da notarsi che mentre il primo punto coincide colla classe di maggior frequenza nelle ♀, il secondo coincide con quello di maggior frequenza nei ♂ (1).

Confrontando questa curva a quella ottenuta, per questa misura su tutti gli esemplari italiani osservati, vediamo che essa è dello stesso tipo e che sebbene possa apparire più irregolare per il fatto di non essere monocuspidale, pure essa ha le classi di maggior frequenza assai più vicine per valore al centro del campo di variazione e alla media aritmetica.

(1) Dopo avere già fatto gran parte del lavoro ho ricevuti altri esemplari alpini che per queste misure spostano la frequenza in modo da far divenire la curva monocuspidale con cuspide coincidente colla media rimasta invariata.

Venendo ora alle misure relative della larghezza del cranio osserviamo che nei ♂ alpini esse variano da 23,2 a 28,9 360^{mi} somatici, con un campo di variazione di 5,7.

La media aritmetica 26,1 coincide col centro del campo di variazione e colla classe di maggior frequenza.

Nelle ♀ queste misure variano da 22,8 a 28,1 360^{mi} somatici con un campo di variazione quasi simile a quello osservato nei ♂.

La media 25,2 coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione e colla classe di maggior frequenza.

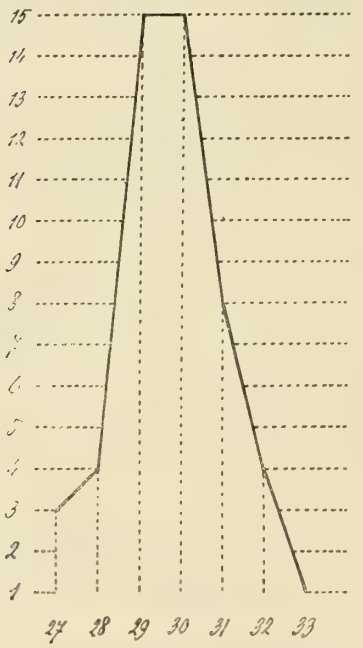


Fig. 20. — Curva della frequenza nella variabilità della massima larghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* alpini.

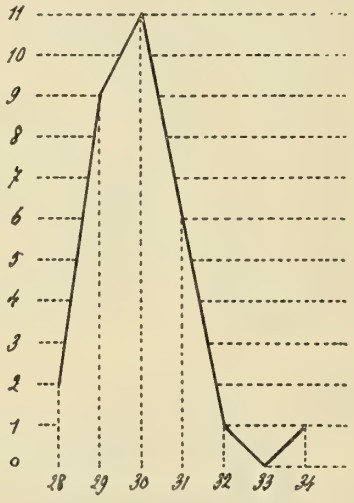


Fig. 21. — Curva della frequenza nella variabilità della massima larghezza assoluta del cranio degli *S. vulgaris* dell'Italia settentrionale e centrale.

Se confrontiamo queste misure relative delle ♀ con quelle dei ♂ vedremo che esse sono quasi simili ma nondimeno noteremo dalle medie che proporzionalmente alla lunghezza totale le ♀ tendono ad avere cranio meno largo che i ♂.

B) Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale (escluse le Alpi). — La larghezza assoluta del cranio dei ♂ di questo gruppo varia da 28,7 a 34,3 mm. con un campo di variazione di 5,6 mm. La media è di 30,4 mm. ed essa coincide colla classe di maggior frequenza ma da queste due diversifica un po' il centro del campo di variazione, 31,5.

Nelle ♀ questa misura va da 28,3 a 31,6 con un campo di variazione di 3,3 mm. La media aritmetica è 30 mm. e coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione; la classe di maggior frequenza è invece sul 29.

Come è facile vedere anche in questo gruppo non si trova, per la larghezza assoluta del cranio alcuna differenza apprezzabile fra ♂ e ♀.

Riuniti tutti gli scoiattoli di questo gruppo senza distinzione di sesso, avremo per la grandezza di cui trattiamo una media di 30,2 mm. la quale coincide colla classe di maggior frequenza ma è inferiore al centro del campo di variazione 31,3.

La curva derivante da questi dati (fig. 21) è assai regolare, presenta un'unica cuspide che coincide colla classe di maggior frequenza osservata nei ♂, e una gobba sulla classe a questa precedente che coincide con quella di maggior frequenza delle ♀. Questa curva è più regolare di quella osservata per la stessa grandezza nel gruppo alpino e lo sarebbe ancora di più se non si tenesse conto dell'unica misura di 34 mm. che da sola sposta il centro del campo di variazione ed è separata dalle altre classi per mezzo di una classe deserta. Questa curva è però meno regolare di quella da noi osservata per la lunghezza assoluta del cranio in questo stesso gruppo.

Le misure di questa grandezza relative alla statura dell'individuo variano nei ♂ da 22,9 a 30,1 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 7,2. La media aritmetica è 24,9 e coincide colla classe di maggior frequenza; il centro del campo di variazione è invece assai superiore 26,5.

Nelle ♀ le misure relative vanno da 23,1 a 26,5 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 3,4. La media aritmetica è 24,5 ed essa coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione oltre che colla classe di maggior frequenza.

In questo gruppo è tenuissima la differenza che corre fra la media delle misure relative della larghezza del cranio dei ♂ e quella della stessa misura nelle ♀; nondimeno la media ottenuta dalle ♀ è anche qui inferiore a quella dei ♂.

Confrontando ora i risultati ottenuti su questa grandezza negli scoiattoli di questo gruppo con quelli già studiati derivanti dal gruppo alpino, osserveremo che per le misure assolute vi è nelle *minime* e nelle *medie* di ambo i sessi un leggero aumento, mentre per le misure relative (360^{mi} della lunghezza totale), vi è una diminuzione.

C) Esemplari dell'Italia meridionale (esclusa la Calabria). — Nei maschi osservati questa grandezza varia per le misure assolute da 28,9 a 31,3 mm. La media 30 coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Nelle femmine la variabilità osservata è minima andando da 29,2 a 29,7. La media è 29,6 e coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Riuniti in un unico gruppo tanto i ♂ che le ♀ avremo come media 29,8 che coincide quasi col centro del campo di variazione 30,1, ed esattamente colla classe di maggior frequenza.

È degno di nota che mentre per la sua lunghezza il cranio di questi esemplari si mostra superiore a quello dei gruppi più nordici; per la sua larghezza invece esso non si mostra affatto diverso da quelli.

Nelle misure relative la larghezza del cranio oscilla nei ♂ fra 22,1 e 23,7 360^{mi} somatici con una media di 22,7.

Nelle ♀ queste misure relative vanno da 21,5 a 23,2 360^{mi} somatici con una media di 22,2.

La differenza che corre fra la media delle misure relative della larghezza del cranio nei ♂ e nelle ♀ è assai piccola ma nondimeno si verifica il fatto osservato nei gruppi precedenti, cioè la minore larghezza nella serie delle ♀.

Confrontando la larghezza media del cranio degli esemplari di questo gruppo con quelle osservate nei due precedenti, vediamo che nelle misure assolute non vi è alcuna diversità apprezzabile, mentre nelle relative vi è una evidente diminuzione.

D) Esemplari Calabresi. — La larghezza del cranio varia nella misura assoluta pei ♂ da 32,9 a 33,9 mm. con una media di 33,4 mm. Nelle ♀ essa è di mm. 33,4 a 33,6.

Riunendo tanto i ♂ come le ♀ avremo una media di 33,4 che coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Il *minimo* della larghezza assoluta del cranio in questo gruppo è di 1,6 mm. superiore al più elevato centro di campo di variazione osservato nei 3 gruppi precedenti.

Nelle misure relative la larghezza del cranio varia nei ♂ da 22,1 a 26,2 con una media di 24,3 360^{mi} somatici; e nelle ♀ da 21,2 a 23 360^{mi} somatici.

Confrontando i dati ottenuti dai pochi esemplari calabresi con quelli osservati negli altri gruppi, vediamo che nelle misure assolute il cranio tende ad essere per la sua larghezza di misura superiore che in tutti gli altri e che nelle misure relative alla lunghezza totale, pur non essendo largo quanto negli esemplari alpini nondimeno non si dimostra che poco diverso da quello degli altri due gruppi.

Riassumendo ciò che abbiamo detto intorno alla larghezza massima del cranio in tutti i gruppi possiamo asserire:

1° che la larghezza assoluta del cranio è assai poco variabile (ancor meno che la lunghezza del cranio), e che essa è anche molto regolare nelle sue variazioni (sebbene un po' meno che la lunghezza del cranio);

2° che la curva derivante da tutti i dati assoluti raccolti su questa grandezza come quelle derivanti dai dati di ciascun gruppo, hanno tutte, più o meno accentuata la forma delle curve già osservate per la lunghezza del cranio;

3° che nelle misure assolute della larghezza del cranio non vi è nessuna differenza sensibile fra i ♂ e le ♀ e che è pure poco evidente la tendenza delle ♀ ad avere cranio meno largo relativamente alla lunghezza totale dell'individuo (tendenza che è evidente per la lunghezza);

4° che mentre tutte le altre misure assolute finora osservate vanno aumentando gradatamente da nord a sud, la larghezza assoluta del cranio rimane in media quasi invariata dalle Alpi alla Calabria (esclusa), e che solo in quest'ultima regione essa si trova assai superiore (media: Alpi 30,1, Italia settentrionale e centrale 30,2 Napolitano 29,8, Calabria 33,4);

5° che la larghezza del cranio relativamente alla lunghezza totale dell'individuo va gradatamente decrescendo da nord a sud fino alla Calabria (esclusa) ma in questa regione essa si mostra superiore alla media delle regioni limitrofe (media: Alpi 25,6, Italia settentrionale e centrale, 24,7, Napolitano, 22,4, Calabria 23,4 360^{mi} somatici).

IX.

Dell'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare.

Altezza del cranio all'apertura auricolare.

	Alpi		Italia settentrionale e centrale		Italia meridionale		Calabria	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Medie misure in mm.	21	21	22	22	23	24	22	22
Estremi campo variaz. assoluta .	20-22	19-23	20,8-23	21-23	22-24	23-25	—	—
Centro campo variaz. assoluta .	21	21	22	22	23	24	22	22
Classe maggiore frequenza misura assoluta	21	21	22	22	22	24	22	22
Medie misure relative	179	182	177	182	176	182	163	150
Estremi campo variaz. relativa .	162-200	157-204	154-191	170-193	172-181	178-188	149-173	145-155
Centro campo variaz. relativa . .	180	180	172	181	176	183	161	150
Classe magg. frequenza relativa .	170	180	180	180	170	180	—	—

L'altezza del cranio è una di quelle lunghezze che dev'essere ben determinata perchè è facilissimo modificarla secondo il modo nel quale si prende la misura. Alcuni autori dànno la misura dell'altezza massima del cranio, ma io credo che ciò possa portare ad errori nelle deduzioni che si facessero sui dati così ottenuti. L'altezza massima della scatola cranica non è infatti fissa in un dato punto, ma può trovarsi spostata ora verso l'occipite, ora verso la faccia, secondo la forma e la convessità di essa scatola cranica. È quindi necessario fissare il punto dove dovranno essere prese le misure dell'altezza per poterle poi confrontare fra loro.

Fissai perciò di prendere la misura dell'altezza della scatola cranica in corrispondenza dell'apertura auricolare, e perpendicolarmente agli assi della massima lunghezza e della massima larghezza.

Così oltre che misurare sempre una lunghezza ben stabilita ho anche potuto valutare, secondo le variazioni della misura, quelle della convessità della scatola cranica.

Per la brevità durante la discussione chiamerò la grandezza da me misurata *altezza scatola cranica* anzichè altezza della scatola cranica all'apertura auricolare.

Questa lunghezza varia in tutti gli scoiattoli italiani osservati da 19,6 a 25 mm. con un campo di variazione di 5,4 mm. La media aritmetica 21,8 è di solo 0,5 mm. inferiore al centro del campo di variazione 22,3 e questo coincide con la classe di maggior frequenza 22.

Questi pochi dati bastano a dimostrarci la grande regolarità delle variazioni dell'altezza della scatola cranica in un gruppo poco omogeneo come quello che include tutti gli esemplari italiani raccolti (in diverso numero secondo il luogo d'origine).

Nondimeno la curva (fig. 22) derivante dalla seriazione di tutti i dati di questa grandezza ci mostra tale regolarità con ancora più evidenza.

Essa curva infatti è nettamente monocuspidale, acuminatissima e presenta un massimo di frequenza di 35 su di un campo di variazione di sole 7 classi.

Confrontando questa curva alle due ottenute per la lunghezza e la larghezza assoluta del cranio di tutti gli scoiattoli italiani osservati, si vede che essa è assai più regolare di entrambe quelle e che, relativamente al campo di variazione, essa ha un massimo di frequenza molto più grande.

Ciò dimostra che l'altezza assoluta della scatola cranica all'apertura auricolare è ancora assai meno variabile che non la lunghezza e la larghezza massima del cranio e che varia anche con regolarità maggiore.

Le misure dell'altezza della scatola cranica rese relative alla lunghezza totale dell'individuo variano in tutti gli esemplari italiani da 14,5 a 20,4 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 5,9 la media aritmetica 17,9 è di pochissimo differente dal centro del campo di variazione 17,4 ed entrambi coincidono colla classe di maggior frequenza.

La curva derivante dalla seriazione delle misure relative è in questo caso assai regolare (fig. 23) presentando un'unica cuspide che coincide esattamente colla media aritmetica e col centro del campo di variazione. È però da notarsi che la classe che segue subito quella di maggior frequenza le è inferiore per frequenza solo di un'unità, ciò che sposta il regolare andamento della curva.

È assai degno di nota il fatto che anche per le misure relative l'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare si mostra relativamente molto meno variabile e molto più regolarmente variabile che la lunghezza e la larghezza massima del cranio.

A) Esemplari alpini. — L'altezza assoluta della scatola cranica varia nei ♂ da 20 a 22,2 mm. con un campo di variazione minimo. La media aritmetica è 21 e coincide esattamente col centro del campo di variazione e con la classe di maggior frequenza. Nelle ♀ di questo gruppo la suddetta misura varia da 19,6 a 23,3 mm., con un campo di variazione superiore a quello dei ♂. La media aritmetica è 21 e quasi simile al centro del campo di variazione 21,4, ed entrambi coincidono con la classe di maggior frequenza.

Nelle misure assolute non vi è nessuna differenza rilevabile fra ♂ e ♀.

Riuniti in un unico gruppo i ♂ e le ♀ alpine avremo per l'altezza della scatola cranica una media di 21,3 che coincide tanto col centro del campo di variazioni come con la classe di maggior frequenza.

Questi dati basterebbero a dimostrarci la grande regolarità delle variazioni dell'latezza della scatola cranica nel gruppo alpino, ma la curva che deriva dalle misure assolute di questa lunghezza la dimostra con evidenza ancora maggiore. Essa curva (fig. 24) infatti non solo è nettamente monocuspidale ed acuminatissima disponendosi in essa i dati così da avere un massimo di frequenza di 25 su di un campo di varia-

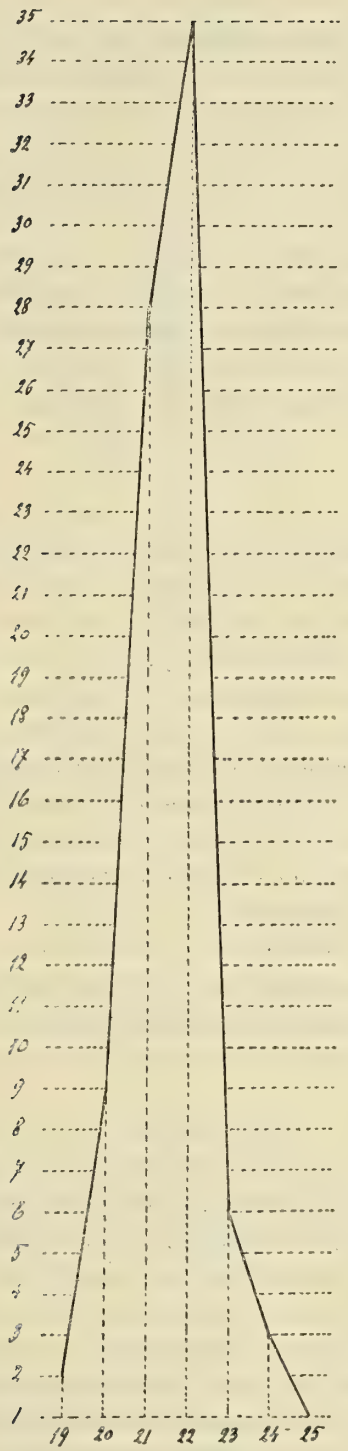


Fig. 22. — Curva della frequenza nella variabilità dell'altezza assoluta della scatola cranica all'apertura auricolare di tutti gli *S. vulgaris* dell'Italia osservati.

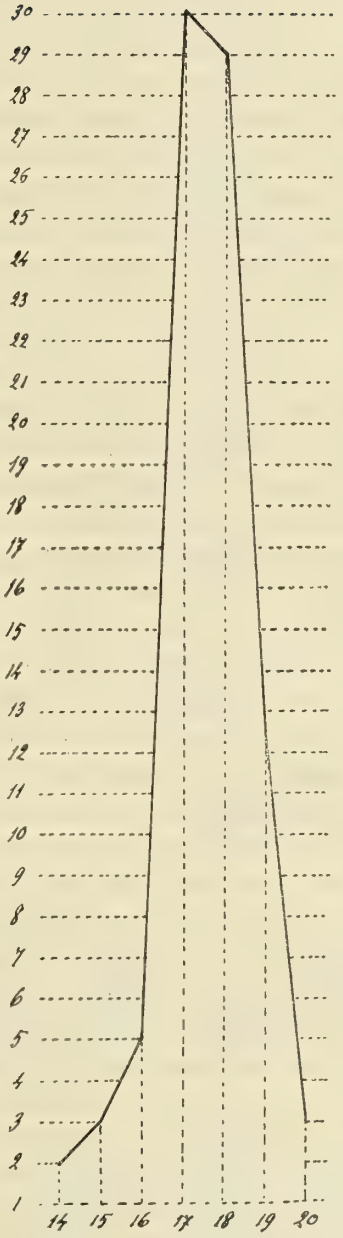


Fig. 23. — Curva della frequenza nella variabilità della misura relativa dell'altezza della scatola cranica ecc., di tutti gli *S. vulgaris* italiani osservati.

zione di sole 5 classi, ma è quasi perfettamente simmetrica ai due lati della cuspide la quale coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Essa curva è la più regolare di tutte quelle che mi è stato dato ricavare per le misure del cranio, dal materiale da me studiato. Confrontandola alla curva ottenuta per questa grandezza da tutti gli scoiattoli d'Italia osservati, vediamo che essa presenta quasi lo stesso numero di dati ai due lati della classe di maggior frequenza (10 e 11) mentre ciò non si verifica nella curva n. 22 alla quale la confrontiamo.

Le misure dell'altezza del cranio in rapporto alla lunghezza totale dell'individuo, variano nei ♂ alpini da 16,2 a 20 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 3,8 360^{mi} somatici. La media aritmetica 17,9 coincide colla classe di maggior frequenza ed è di poco inferiore al centro del campo di variazione 18,1. Nelle ♀ queste misure variano da 15,7 a 20,4 360^{mi} somatici con un campo di variazione di 4,7 360^{mi} somatici. La media 18,2 coincide tanto col centro del campo di variazione come colla classe di maggior frequenza.

Confrontando fra di loro le misure relative ottenute sui ♂ e quelle ottenute sulle ♀ si osserva ch'esse sono quasi simili e che anche le medie sono poco diverse, nondimeno è da notarsi che mentre per le altre grandezze del cranio abbiamo sempre ottenuto per le misure relative, medie superiori nei ♂ che nelle ♀ in questo caso invece le ♀ hanno una media un po' superiore: 18,2 anzichè 17,9.

B) Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale. — L'altezza assoluta del cranio varia nei maschi di questo gruppo da 20,8 a 23 mm. con un campo di variazione di soli 2,2 mm. La media aritmetica è 22 e coincide quasi completamente col centro del campo di variazione, 21,9, è completamente colla classe di maggiore frequenza. Questa misura va nelle ♀ da 21,8 a 23 mm. La media aritmetica è 22,3 ed essa è quasi perfettamente simile al centro del campo di variazione 22,4, ed entrambi coincidono colla classe di maggior frequenza.

Anche in questo gruppo non vi è diversità nelle misure assolute fra ♂ e ♀.

Riuniti in un gruppo tanto i ♂ che le ♀ otteniamo per l'altezza della scatola cranica una media di 22,1 che coincide colla classe di maggior frequenza e diversifica di solo 0,2 mm. (frazione più che trascurabile in una media di molti esemplari) dal centro del campo di variazione.

La curva che deriva dalla seriazione di queste misure assolute (fig. 25) è molto acuminata avendo il massimo di frequenza di 20 su di un campo di variazione di 4 classi. La cuspide coincide, sulla classe 22, colla media aritmetica ma non perfettamente col centro del campo di variazione e ciò solo per un individuo che misura 20,8 ed aggiunge così una classe. Confrontando questa curva a quella ottenuta per la stessa misura nel gruppo alpino vedremo che essa è un po' meno regolare di quella, mentre confrontandola colla curva ottenuta dai dati di tutti gli esemplari italiani, la troveremo più regolare. Se poi la raffrontiamo con le due ottenute dagli stessi esemplari nelle misure della lunghezza e larghezza assoluta del cranio, osserveremo che questa curva è un po' più regolare di quella della lunghezza e molto più di quella della larghezza.

Le misure relative alla statura dell'individuo variano per questa grandezza nei ♂ da 15,4 a 19,4 360^{mi} somatici. La media aritmetica 17,7 è ben di poco diversa dal centro del campo di variazione, 17,4, e dalla classe di maggior frequenza 18.

Nelle ♀ queste misure relative vanno da 17 a 19,3 360^{mi} somatici. La media di 18,2 può dirsi uguale al centro del campo di variazione, 18,1, e coincide colla classe di maggior frequenza. Confrontando le misure relative dei ♂ con quelle delle ♀

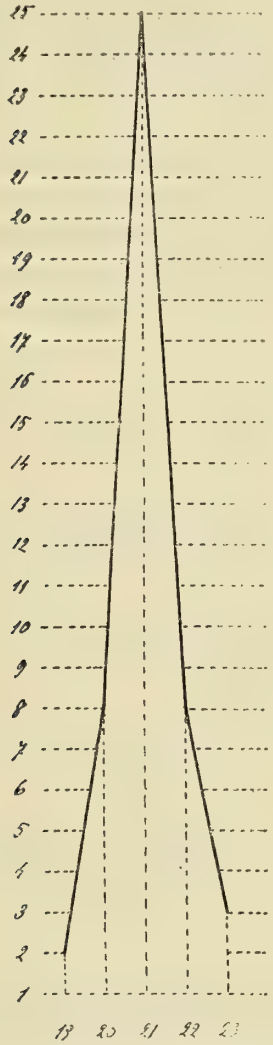


Fig. 24. — Curva della frequenza nella variabilità dell'altezza assoluta della scatola cranica degli esemplari alpini.

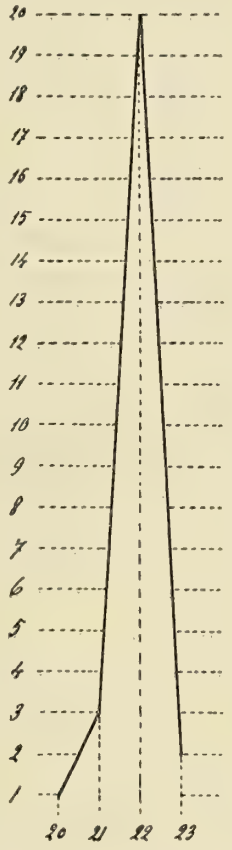


Fig. 25. — Curva della frequenza nella variabilità dell'altezza assoluta della scatola cranica degli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale.

vediamo che non vi è alcuna differenza stabile ma nondimeno osserviamo che delle due medie quella delle ♀, 18,2, è superiore di un poco a quella dei ♂, 17,7.

Confrontando i risultati ottenuti su questa grandezza negli scoiattoli del gruppo ora osservato, con quelli già studiati derivanti dal gruppo alpino, osserveremo che per le misure assolute vi è nella media un tenue aumento mentre per le misure relative non vi è nessunissima differenza.

C) Esemplari Napolitani. — Nei ♂ osservati questa lunghezza varia dai 22,8 a 24 mm. La media 23,2 coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione 23,4. Nelle ♀ essa misura va da 23,6 a 25 mm.; la media è 24,4 e coincide col centro del campo di variazione.

Nel gruppo risultante dalla riunione di tutti gli esemplari senza distinzione di sesso abbiamo come media 23,9 che è assai poco inferiore al centro del campo di variazione, 24,3, il quale coincide colla classe di maggior frequenza.

Le misure relative dell'altezza della scatola cranica variano nei ♂ di questo gruppo da 17,2 a 18,1 360^{mi} somatici con una media di 17,6. Nelle ♀ esse variano da 17,8 a 18,8 con una media di 18,2 e un centro di campo di variazione di 18,3.

Confrontando le misure relative ottenute sui ♂ a quelle ottenute sulle ♀ vediamo che sebbene la differenza sia lieve pure si ripete qui il fatto già osservato nei due gruppi precedenti, che cioè le ♀ hanno questa misura in media più grande (18,2 anzichè 17,6).

Confrontando l'altezza della scatola cranica degli esemplari di questo gruppo con quella osservata in quelli dei due gruppi precedenti vedremo che in media le misure assolute sono leggermente superiori mentre le relative alla statura sono invariate (la differenza da 17,9 a 18 è trascurabile).

D) Esemplari Calabresi. — Nei pochi ♂ osservati l'altezza assoluta della scatola cranica va da 22,3 a 22,6 mm. con una media di 22,4. Nelle ♀ questa lunghezza è di 22,7 e 22,8 mm.

Riunendo gli esemplari in un unico gruppo avremo come media 22,5 che coincide esattissimamente col centro del campo di variazione.

Nelle misure di questa grandezza relative alla lunghezza totale dell'individuo i ♂ calabresi variano da 14,9 a 17,3 360^{mi} somatici con una media di 16,3; e le ♀ hanno i valori 14,5 e 15,5 360^{mi} somatici.

Confrontando i dati ottenuti studiando l'altezza della scatola cranica degli esemplari calabresi con quelli osservati nei gruppi precedenti vediamo che le misure assolute sono in media simili a quelle degli esemplari dell'Italia settentrionale e centrale ed inferiori a quelle dei napolitani, mentre le misure relative sono in media inferiori a quelle di tutti i gruppi precedentemente studiati.

Riassumendo quanto abbiamo detto sull'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare in tutti i gruppi, possiamo asserire: 1° che questa grandezza è nelle misure assolute assai poco variabile (meno che le altre osservate sul cranio) e che essa appare pure molto regolare nelle sue variazioni (ancor più delle altre due); 2° che le curve derivanti dalla seriazione di questa grandezza presentano ancor più accentuata la forma delle curve già osservate come proprie alle altre grandezze del cranio; 3° che nelle misure assolute la differenza che corre fra la media dei ♂ e quella delle ♀ è quasi trascurabile, pure le ♀ avendole in tre gruppi un poco superiori, e che anche nelle misure relative le medie delle ♀, pure essendo vicinissime a quelle dei ♂, si mostrano sempre leggermente superiori (contrariamente a quanto accade per le altre due misure del cranio); 4° che le medie dell'altezza assoluta del cranio all'apertura auricolare aumentano gradatamente, sebbene pochissimo, da nord a sud, fino alla Calabria (esclusa) mentre in quest'ultima regione esse si mostrano molto

più basse che nella regione finitima (medie: Alpi, 21,3 mm.; Italia settentrionale e centrale, 22,1; Napolitano, 23,7; Calabria, 22,5); 5° che in media le misure di questa grandezza relative alla lunghezza totale dell'individuo rimangono invariate dalle Alpi alla Calabria (esclusa) mentre in questa regione si mostrano molto inferiori alla media di tutte le altre (media: Alpi, 18; Italia settentrionale e centrale, 18; Napolitano, 17,9; Calabria, 15,7 360^{mi} somatici).

X.

Dell'indice cranico.

Tavola degli indici cranici degli *Sciurus vulgaris* d'Italia.

																										Medie
Maschi alpini	60	62	58	62	60	57	56	59	59	58	58	60	55	57	56	56	66	56	57	60	62	56	60	59	58	58,6
Femmine alpine	58	56	55	56	56	57	56	57	56	60	60	57	55	59	58	56	56	57	57	57	56	57	55	57	57	56,8
Maschi dell'Italia Settentrionale e Centrale	56	55	55	54	55	64	57	57	57	56	57	58	57	59	60	59	62	59	61	55	60	59	58	54	57	57,6
Femmine dell'Italia Settentrionale e Centrale	55	57	57	55	55	55	58	57	56	56	58	57	54	54	56	55	57	58	53	58	57	56	58	55	59	56,3
Maschi del Napolitano .	56	54	54																							54,6
Femmine del Napolitano	53	54	54	54																						53,7
Maschi della Calabria .	59	60	60																							59,6
Femmine della Calabria	58	59																								58,5

Media dell'indice cranico di tutti gli esemplari Italiani: 57,3.

Il valore grandissimo dei rapporti intercorrenti fra le diverse parti del corpo in tutti gli animali, e tanto più negli animali superiori, è a tutti noto. Ora, pei mammiferi può dirsi che sia fra i dati più importanti il rapporto che corre tra la lunghezza massima del cranio e la sua massima larghezza. Infatti la ricerca dell'indice cranico che fu ed è ancora il più importante mezzo per cui la scienza antropologica giunge alle sue deduzioni, viene ora fatta da molti mammalogi e non solamente nei lavori speciali di craniologia.

È facile intendere quale valore avesse lo studio di questo rapporto nel nostro caso.

Nei rapporti sopra studiati (fra la lunghezza totale dell'individuo e quella delle diverse parti del corpo che venivamo osservando) abbiamo per numerose ragioni prescelto gl'indici dati dalla formula:

$$\frac{\text{grandezza assoluta che si confronta} \times 3600}{\text{lunghezza base}};$$

ed anche nel caso delle misure del cranio credo che vi sarebbero non pochi vantaggi ad applicare questa formula, anzichè quella comunemente adoperata. Ma siccome gl'indici che si prendono sul cranio sono ormai da tutti accettati e studiati nella vecchia espressione derivante dalla formula che diversifica dalla su riportata pel fatto di aver 100 al posto di 3600, così ho creduto che riuscisse più semplice il confronto e la comprensione dei dati se io li esprimevo come è d'uso, e specialmente ho capito che in questo modo essi sarebbero stati paragonabili ai dati ottenuti da altri autori su questa come su specie vicine.

Queste le ragioni per cui gl'indici cranici e quelli dell'altezza della scatola cranica sono da me espressi in 100^{mi} della lunghezza massima del cranio.

In tutti gli scoiattoli italiani osservati l'indice cranico va da 53 a 66 con un campo di variazione di 14 classi.

La media è 57,3 e coincide colla classe di maggior frequenza, mentre il centro del campo di variazione è assai superiore, 59,5.

La curva (fig. n. 26) che deriva dalla seriazione di questi dati è assai poco regolare; nondimeno essa presenta un'unica ed acuminatissima cuspide che coincide sulla media aritmetica.

Questa curva col suo massimo di frequenza spostato verso sinistra ci dice che la maggior parte degli scoiattoli d'Italia hanno indice cranico basso (dolicocefalia) relativamente alle variazioni possibili, e la disposizione degl'indici alti (brachicefalia) ci mostra che oltre a non essere numerosi, essi si ritrovano senza regolarità.

L'indice cranico varia in tutti i ♂ osservati in Italia da 54 a 66.

La media è in essi 58, il centro del campo di variazione 60 ma non vi è una unica classe di maggior frequenza.

Nelle ♀ di tutta Italia va l'indice cranico da 53 a 60, con una media di 56,4 la quale coincide esattamente col centro del campo di variazione ed è di poco inferiore alla classe di maggior frequenza 57. La seriazione ci dimostra inoltre che nelle ♀ la variazione è piuttosto regolare.

Confrontando i risultati ottenuti dai ♂ a quelli ottenuti dalle ♀ vediamo chiaramente che l'indice cranico è molto meno variabile in queste ultime, che varia in esse con regolarità mentre nei ♂ ha una variazione assai irregolare, e che tanto la media come il centro del campo di variazione sono nelle ♀ molto inferiori che nei ♂.

A) Esemplari alpini. — Nei ♂ di questo gruppo l'indice cranico varia da 55 a 66 con una media di 58,6 la quale è inferiore al centro del campo di variazione 60,5. Non vi è una sola classe di maggior frequenza ma due classi che hanno la stessa frequenza e parecchie altre, irregolarmente disposte, che a queste si avvicinano per numero d'esemplari.

Nelle femmine alpine l'indice cranico va da 55 a 60 con una media di 56,8 che è di un poco inferiore al centro del campo di variazione 57,5; questo poi coincide colla classe di maggior frequenza.

Anche nel gruppo alpino è evidentissimo il fatto che le ♀ hanno indice cranico molto meno variabile, molto più regolarmente variabile e in media assai inferiore che non i ♂.

Riunendo tutti gli esemplari alpini senza distinzione di sesso avremo per l indice cranico una media di 57,7 la quale sarà diversa tanto dal centro del campo di variazione 60,5 quanto dalla classe di maggior frequenza 56.

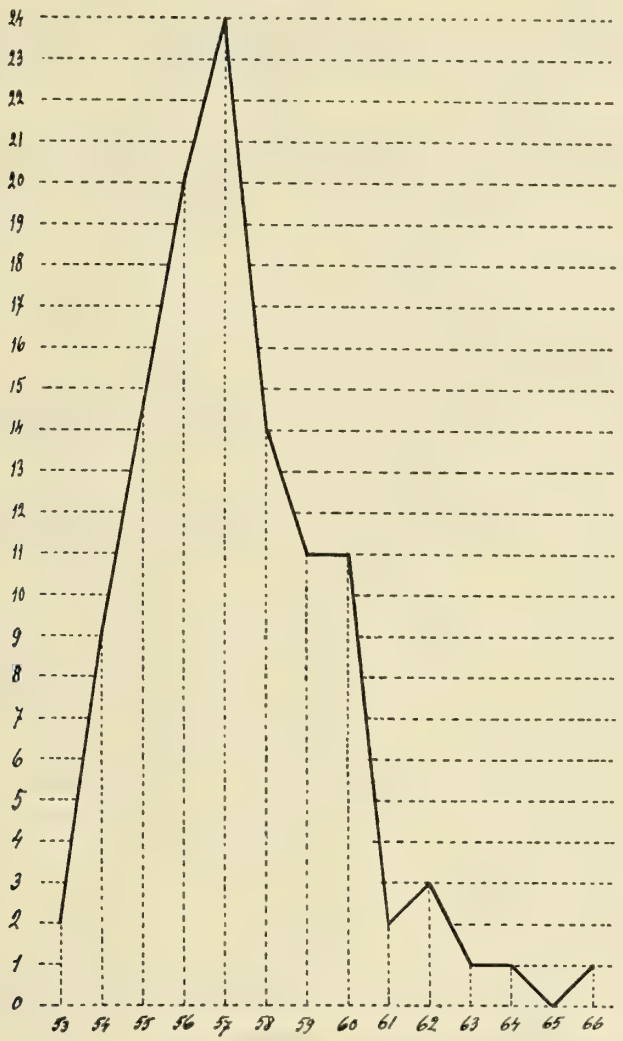


Fig. 26. — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice cranico di tutti gli *S. vulgaris* italiani osservati.

B) Esemplari dell'Italia settentrionale e centrale (escluse le Alpi). — Nei ♂ di questo gruppo varia l'indice cranico da 54 a 64, con una media di 57,6 che è inferiore al centro del campo di variazione, 59, ma che coincide colla classe di maggior frequenza, 57. Nelle ♀ l'indice cranico va da 55 a 58 con una media di 56,3 la quale coincide quasi esattamente col centro del campo di variazione. Manca una unica classe di maggior frequenza.

Pure qui si osserva che l'indice cranico è molto meno variabile, ed in media molto più piccolo nelle ♀ che nei ♂.

Confrontando i dati ora osservati con quelli ottenuti sugli esemplari alpini, vediamo che tanto le ♀ quanto i ♂ dell' Italia settentrionale e centrale hanno in media indice cranico rispettivamente più basso che le ♀ e i ♂ alpini. Così il centro del campo di variazione che era per gli esemplari alpini tutti 60,5 è in questo gruppo 59.

C) Esemplari Napolitani. — Nei pochi esemplari ♂ del Napolitano varia l' indice cranico da 54 a 56 con una media di 54,6. Nelle ♀ varia poi solamente da 53 a 54 con una media di 53,7.

Anche in questo caso è evidentissimo il fatto già osservato nei due gruppi precedenti che le ♀ hanno cioè indice cranico in media inferiore a quello dei ♂ della stessa regione.

Riunendo in un unico aggruppamento ♂ e ♀ otteniamo una media 54,1, la quale è poco inferiore (ma sempre inferiore) al centro del campo di variazione 54,5 e che coincide colla classe di maggior frequenza.

Se confrontiamo questi dati con quelli ottenuti dagli individui dei due gruppi precedenti vedremo che gli esemplari che stiamo studiando hanno tanto pei ♂ quanto per le ♀ indici cranici in media molto inferiori a quelli osservati per entrambi i sessi nei gruppi delle Alpi e dell' Italia settentrionale e centrale.

Questo fatto è molto importante perchè esso si collega esattamente con quanto osservammo pel gruppo dell' Italia settentrionale e centrale confrontandolo al gruppo alpino.

L' indice cranico infatti va in media diminuendo da nord a sud tanto per i ♂ quanto per le ♀ ; così pei ♂ abbiamo avuto le medie seguenti: Alpi, 58,6; Italia settentrionale e centrale, 57,6; Napolitano, 54,6; e per le femmine le seguenti: Alpi, 56,8; Italia settentrionale e centrale, 56,3; Napolitano, 53,7.

Da ciò si vede inoltre che appare maggiore la differenza fra il Napolitano e l' Italia settentrionale e centrale che non fra questa regione e le Alpi.

D) Esemplari Calabresi. — Nei pochi ♂ di Calabria varia l' indice cranico solo da 59 a 60 con una media di 59,6.

Nelle ♀ esso ha i valori 58,2 e 59.

Anche in questo caso osserviamo (non ostante il piccolissimo numero di dati) che le ♀ hanno la misura minore e che i ♂ giungono a valori superiori. Questo fatto non avrebbe valore di per se dato il numero d'osservazioni, ma collegato alle numerose osservazioni già fatte, esso viene a confermarne i risultati.

Riuniti tutti gli esemplari calabresi avremo una media di 59,2 che concide col centro del campo di variazione.

Molto avremo da osservare se confronteremo i dati ottenuti su questi pochi esemplari con tutti quelli derivanti dall' osservazione dell indice cranico in tutti i gruppi precedenti.

Stabilimmo infatti che in media l' indice cranico va grandemente diminuendo da nord a sud dalle Alpi a tutto il Napolitano, ed ora osserviamo che gli esemplari calabresi non solo non seguono tale regola, ma che hanno in media indice cranico ancora più alto che gli esemplari delle Alpi e diversificano essi perciò nettissimamente dagli scoiattoli delle regioni confinanti.

Concludendo possiamo asserire:

1° che l'indice cranico varia in modo assai sensibile e, se si osservano tutti gli esemplari senza distinzione di sesso, in modo piuttosto irregolare (mentre una

Fig. 27 — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice cranico di tutti i ♂ osservati.

tale irregolarità non si trova nella variazione delle misure del cranio in proporzione alla lunghezza totale dell'individuo);

2° che le curve derivanti dalla seriazione dei dati ottenuti su esemplari di entrambi i sessi sono sempre assai irregolari e che tendono ad avere la cuspide (classe di maggior frequenza) spostata verso sinistra, su di una classe cioè inferiore al centro del campo di variazione;

3° che fra le medie dell'indice cranico dei ♂ e quelle dell'indice cranico delle ♀ vi è sempre in tutti i gruppi un'evidente differenza le femmine mostrandosi in media più dolicocefale dei ♂ della stessa regione (Alpi ♂ 58,6 ♀ 56,8, Italia settentrionale e centrale ♂ 57,6 ♀ 56,3; Napolitano ♂ 54,6 ♀ 53,7, Calabria ♂ 59,6 ♀ 58,5);

4° che anche la variabilità dell'indice cranico è molto diversa fra ♂ e ♀, mostrandosi essa assai meno variabile e, assai più regolarmente variabile in queste ultime (figg. 27-28);

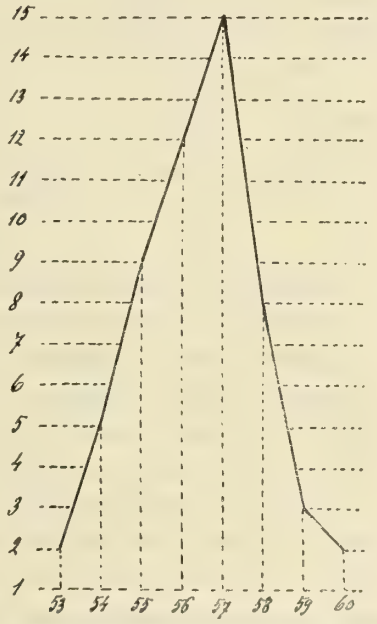


Fig. 28. — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice cranico di tutte le ♀ osservate.

5° che in media gli scoiattoli tanto ♂ che ♀ vanno gradatamente divenendo più dolicocefali da nord a sud dalle Alpi al Napolitano (compreso), mentre gli esemplari calabresi fanno eccezione a questa regola mostrandosi, senza alcuna forma di transizione, meno dolicocefali degli stessi esemplari alpini (Alpi 57,8, Italia settentrionale e centrale 57,1, Napolitano 54,1, Calabria 59,2).

XI.

Dell'indice dell'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare.

Tavola degl'indici dell'altezza del cranio all'apertura auricolare degli *Sciurus vulgaris* d'Italia.

																										Medie
Maschi alpini . . .	40	40	40	40	40	42	42	40	40	40	41	42	42	41	43	38	39	40	39	39	44	40	40	40	—	—	40,5
Femmine alpine . .	41	41	42	40	44	44	45	45	41	41	40	41	43	38	38	39	40	41	41	40	41	43			—	—	41,3
Maschi dell'Italia Settentrionale e Centr.	43	42	42	42	41	42	42	42	41	42	38	40	41	41	42	43	39	41	42	41	41	43	42		—	–	41,4
Femmine dell'Italia Sett. e Centrale . .	42	43	43	42	42	41	41	43	44	43	43	41	44	43	41	42	43	42	41	44	43				—	–	42,4
Maschi del napolitano	43	43	41																						—	—	42,5
Femmine del napolit.	42	45	46	45																					—	—	44,5
Maschi della Calabria	40	40	40																						—	–	40,3
Femmine della Calab.	40	40																							–	–	40

Media dell'indice dell'altezza del cranio all'apertura auricolare degli esemplari italiani di *Sciurus vulgaris*, osservati 41,4

Studieremo ora il rapporto che corre fra la massima lunghezza del cranio e la sua altezza all'apertura auricolare.

Questo indice ci indicherà la convessità maggiore o minore della scatola cranica in rapporto alla sua lunghezza e ci renderà inoltre assai facile il confronto fra la altezza della scatola cranica e la larghezza massima del cranio essendo entrambe ridotte a 100^{mi} della lunghezza del cranio stesso.

In tutti gli esemplari italiani osservati il rapporto fra questa altezza e la lunghezza del cranio varia da 38 a 46 con un campo di variazione di 9 classi. La media è 41,4 che coincide colla classe di maggior frequenza 41, ed è di poco inferiore al centro del campo di variazione 42.

La curva (fig. n. 29) derivante dalla seriazione di questi dati appare ancor più regolare di quanto si possa arguire dai dati sopra esposti. Essa è infatti monocuspidale, e presenta una frequenza massima di 23 su di un campo di variazione di 9 classi.

La sua massima frequenza spostata verso sinistra (dopo la terza delle nove classi possibili) e tutta la sua forma, ci dicono che la maggior parte degli scoiattoli italiani hanno questo indice assai basso in rapporto alle variazioni possibili.

Se confrontiamo questa curva e questi dati a quelli ottenuti coll'osservare le variazioni dell'indice cranico, vedremo che il rapporto di cui ora trattiamo è relativamente assai meno variabile ed anche più regolarmente variabile, dell'indice cranico. Questo ci viene chiaramente mostrato dalle curve (fig. nn. 26-29).

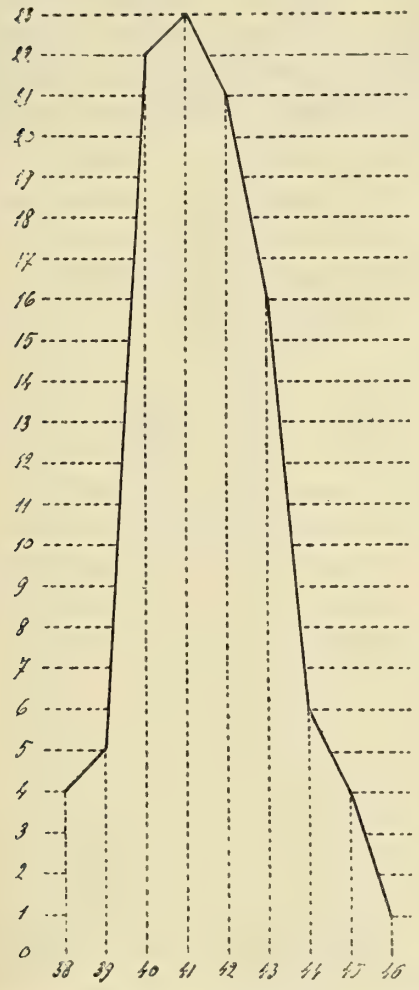


Fig. 29. — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice dell'altezza della scatola cranica di tutti gli *S. vulgaris* italiani osservati.

Osserviamo ora separatamente ♂ e ♀.

Il rapporto fra la lunghezza del cranio e la sua altezza all'apertura auricolare varia in tutti ♂ osservati da 38 a 44. La media è in essi 40,9, il centro del campo di variazione 41 e la classe di maggior frequenza coincidono colla media aritmetica. Si ha inoltre un massimo di frequenza su di un campo di variazione di 7 classi (fig. 30).

Nelle ♀ osservate in Italia, questo rapporto va da 38 a 46, con un media di 42,0, un centro del campo di variazione di 42 e la classe di maggior frequenza sul 41. Il massimo di frequenza è di 13 su di un campo di variazione di 9 classi (fig. 31).

Basta un rapido confronto fra ♂ e ♀ per mostrarci che accade per questo rapporto proprio l'opposto di quanto osservammo per l'indice cranico.

Vediamo infatti che esso ha variabilità assai maggiore nelle ♀ che nei ♂, che varia in esse con irregolarità molto più grande e che tanto la media aritmetica come il centro del campo di variazione sono nelle ♀ assai superiori che nei ♂.

Le ♀ dunque presentano in media scatola cranica (all'apertura auricolare) assai più alta relativamente alla lunghezza del cranio.

A) Esemplari Alpini. — Nei ♂ alpini il rapporto fra la lunghezza del cranio e l'altezza della scatola cranica varia da 38 a 44, con una media di 40,5 che coincide colla classe di maggior frequenza ed è di poco inferiore al centro del campo di variazione 41.

Nelle ♀ alpine questo indice varia da 38 a 45 con una media di 41,3 la quale coincide colla classe di maggior frequenza ed è di poco inferiore al centro del campo di variazione 41,5.

Anche in questo gruppo dunque appare con evidenza che le ♀ hanno tale rapporto più variabile e in media di valore superiore che non i ♂.

Riuniti gli esemplari alpini senza distinzione di sesso avremo per l'indice dell'altezza della scatola cranica una media di 40,8; che coinciderà colla classe di maggior frequenza ma si mostrerà inferiore al centro del campo di variazione 41,5.

B) Esemplari d'Italia settentrionale e centrale (escluse le Alpi). — Nei ♂ di questo gruppo varia il rapporto fra la lunghezza del cranio e l'altezza della scatola cranica da 38 a 43 con una media di 41,4 che si trova ad essere intermedia fra il centro del campo di variazione, 40,5, e la classe di maggior frequenza 42. Nelle ♀ esso rapporto va da 41 a 44, con una media di 42,4 la quale coincide

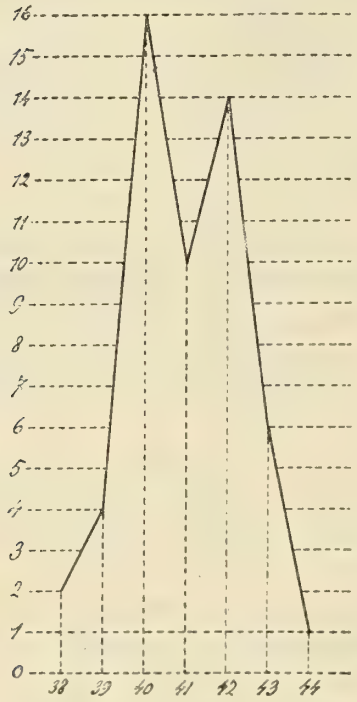


Fig. 30. — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice dell'altezza della scatola cranica di tutti i ♂ osservati.

Fig. 31. — Curva della frequenza nella variabilità dell'indice dell'altezza della scatola cranica di tutte le ♀ osservate.

quasi esattamente col centro del campo di variazione, 42,5, ed è di poco inferiore alla classe di maggior frequenza 43. In questo caso non si verifica il fatto della maggiore variabilità delle ♀ per quest'indice, ma si osserva, ed evidentissimo, quello del maggior valore degli indici ottenutti sulle ♀.

Riunendo senza distinzione di sesso gli esemplari di questo gruppo abbiamo pel suddetto rapporto una media di 41,9 che è superiore al centro del campo di variazione 41, e vicinissima alla classe di maggior frequenza, 42.

Confrontando i dati ora osservati con quelli ottenuti sugli esemplari Alpini vediamo che tanto i ♂ quanto le ♀ dell'Italia settentrionale e centrale hanno in media questo indice rispettivamente più elevato che i ♂ e le ♀ delle Alpi (media delle Alpi 40,8 dell'Italia settentrionale e centrale 41,9).

C) Esemplari Napolitani. — Questo rapporto varia nei pochi ♂ da 41 a 43, con una media di 42,5. Nelle ♀ va da 42 a 46 con una media di 44,5. Qui pure è evidentissimo quello che già osservammo nei due gruppi precedenti, che le ♀ hanno l'indice dell'altezza della scatola cranica in media assai superiore a quello dei ♂ dello stesso paese.

Aggruppando senza distinzione di sesso gli esemplari napolitani, otteniamo una media di 43,5 che coincide esattamente col centro del campo di variazione.

Se confrontiamo questi dati con quelli osservati nei due gruppi precedenti vedremo che tanto i ♂ quanto le ♀ del Napolitano hanno in media questo indice molto superiore a quelli osservati per entrambi i sessi nei gruppi delle Alpi e dell'Italia settentrionale e centrale. Ciò ha molto valore perchè si collega a quanto osservammo confrontando fra loro i due gruppi precedenti.

In media l'indice del rapporto fra la lunghezza del cranio e l'altezza della scatola cranica va infatti aumentando gradatamente da nord a sud tanto pei ♂ quanto per le ♀.

Pei ♂ avemmo le medie seguenti: Alpi 40,5; Italia settentrionale e centrale 41,4; Napolitano 42,5; e per le ♀ queste: Alpi 41,3; Italia settentrionale e centrale 42,4; Napolitano 44,5.

D) Esemplari Calabresi. — Tanto nei ♂ come nelle ♀ di questo gruppo il rapporto fra la lunghezza del cranio e l'altezza della scatola cranica può dirsi invariato perchè le leggerissime oscillazioni osservate sono tali da potersi ritenere trascurabili.

Il minimo è 39,86 ed il massimo 40,91; la media è per i 5 esemplari 40,2.

Sono, è vero, assai pochi gli individui studiati ma nondimeno è rimarchevole assai che in cinque scoiattoli di ambo i sessi catturati in diversi punti della Sila non si trovi alcuna variabilità del rapporto suddetto.

Confrontando poi questi dati con quelli derivanti, per lo stesso indice, degli scoiattoli dei gruppi precedenti, avremo non poco da osservare. Vedemmo che in media l'indice dell'altezza della scatola cranica va gradatamente aumentando, tanto nei ♂ come nelle ♀, da nord a sud, dalle Alpi a tutto il Napolitano, orbene gli esemplari calabresi non solo non seguono tale regola ma hanno questo indice in media più basso che gli stessi esemplari alpini.

Diversificano pertanto nettissimamente dagli scoiattoli delle regioni confinanti.

Ora osservando i risultati ottenuti per l'indice cranico sugli esemplari di questo gruppo, vedemmo che essi diversificavano nettamente da quelli dei gruppi confinanti e che uguagliavano quasi quelli del gruppo alpino, un fatto analogo si ripete dunque ora per l'indice dell'altezza della scatola cranica.

Concludendo possiamo asserire:

1° che l'indice dell'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare varia in proporzione assai meno che non l'indice cranico e, se si osservano tutti gli esemplari senza distinzione di sesso, in modo assai meno irregolare;

2° che le curve derivanti dalla seriazione dei dati ottenuti su esemplari di ambo i sessi, sono molto poco irregolari sebbene tendano ad avere, il più delle volte,

la cuspide (classe di maggior frequenza) spostata verso sinistra, su di una classe cioè inferiore al centro del campo di variazione;

3° che fra le medie di questo indice ottenute sui ♂ e quelle ottenute sulle ♀ vi è sempre (meno che in Calabria) una evidente differenza, le femmine mostrando in media scatola cranica più alta, in rapporto alla lunghezza del cranio che i ♂ della stessa regione (Alpi ♂ 40,5 ♀ 41,3; Italia settentrionale e centrale ♂ 41,4 ♀ 42,4; Napolitano ♂ 42,5 ♀ 44,5);

4° che anche la variabilità di questo indice è diversa fra ♂ e ♀ mostrandosi essa più variabile e più irregolarmente variabile in queste ultime (accade cioè l'opposto di quanto osservammo per l'indice cranico (fig. nn. 30-31);

5° che in media gli scoiattoli tanto ♂ come ♀ presentano l'altezza della scatola cranica in rapporto, alla lunghezza del cranio, gradatamente più grande man mano che si va verso sud, dalle Alpi fino a tutto il Napolitano, mentre gli esemplari calabresi fanno eccezione a questa regola presentando, senza alcuna forma di transizione, questo rapporto più basso di quello osservato negli stessi esemplari alpini;

6° che confrontando le variazioni dell'indice cranico con quelle di questo rapporto si vede che essi rapporti variano (tanto nei gruppi geografici come in quelli di sesso) quasi inversamente trovandosi uno dei due aumentato quando l'altro è diminuito.

XII.

Di alcune ossa del cranio e dei loro rapporti.

Dopo aver studiato le diverse misure del cranio e i rapporti che fra loro corrono, ho pure ricercato le variazioni di alcune ossa del cranio ed in ispecial modo delle ossa nasali, intermascellari e frontali.

Osservando prima la lunghezza massima delle ossa nasali vediamo che per le misure assolute essa varia in tutti gli esemplari italiani osservati da mm. 14,8 a mm. 18,5, con un campo di variazione di 4,3 mm

Questa lunghezza varia negli esemplari alpini da 14,8 a 16,2 mm, in quelli dell'Italia settentrionale e centrale da 15,6 a 16,5, in quelli Napolitani da 16,5 a 17,4 e nei Calabresi da 17 a 18,5. Le medie sono rispettivamente: Alpi 15,5, Italia settentrionale e centrale 16; Napolitano 17, Calabria 17,8. La lunghezza assoluta di queste ossa aumenta dunque gradatamente e regolarmente da nord a sud; per questo fatto la variabilità sua somiglia a quella osservata per la lunghezza assoluta del cranio. Le misure di queste ossa relative alla lunghezza massima del cranio (100^{mi} della lunghezza del cranio) ci diranno come si modifichi il rapporto che corre fra queste due lunghezze.

La lunghezza delle ossa nasali in rapporto alla lunghezza del cranio, varia in tutti gli esemplari italiani osservati da 27 a 32 100^{mi} della lunghezza del cranio con un campo di variazione di 5. Le medie di queste misure relative sono nei diversi gruppi le seguenti: Alpi 29,5; Italia settentrionale e centrale 30; Napolitano 31,1; Calabria 31,8.

Misure assolute di alcune ossa del cranio.

Esemplari	Alpini						Dell'Italia settentrionale e Centrale						Napolitani				Calabresi				
						Media						Media				Media					Media
Ossa nasali	15,5	14.8	15,8	16,2	15,6	15,5	16,3	16,5	15,6	16	15.6	16	17,4	16,5	17,1	17	17,9	17	18	18,5	17,8
» intermascellari	16	15,8	17	17	—	16,4	17,7	19,8	17,2	16,9	17,1	17.7	18,5	17,5	19	18.3	19	18,9	20	21	19,7
» frontali	22,3	21,8	22,4	22	—	22	23	22,8	22,4	22,3	22,3	22.5	23,5	22.7	22,8	23	23,4	23,4	24	24,3	23,7

Misure delle stesse ossa in 100mi. della lunghezza del cranio.

Esemplari	Alpini						Dell'Italia Settentrionale e Centrale						Napolitani				Calabresi				
						Media						Media				Media					Media
Ossa nasali	27	30	30	31	29	29,5	30	31	29	30	30	30	31	30	31	31,1	32	31	32	32	31,8
» intermascellari	29	32	32	32	—	31,2	33	37	31	32	33	33,4	33	32	35	33,5	34	34	36	36	35
» frontali	40	44	43	42	—	42,2	43	42	41	43	43	42,4	42	42	42	42,2	42	43	42	43	42,5

Questo ci indica chiaramente che la lunghezza delle ossa nasali relativa alla lunghezza del cranio, non è molto variabile, pure essa va gradatamente aumentando da nord a sud, dalle Alpi alla Calabria (compresa).

Passiamo ora alle ossa intermascellari: la loro lunghezza varia per le misure assolute in tutti gli esemplari italiani osservati da 15,8 a 21 mm. con un campo di variazione di 5,2 mm. Questa misura varia negli esemplari Alpini da 15,8 a 17 mm. in quelli dell'Italia settentrionale e centrale da 16,9 a 19,8 mm., in quelli del Napolitano da 17,5 a 19; e nei Calabresi da 18,9 a 21 mm. È da notarsi che la grande variabilità che si osserva nel gruppo dell'Italia settentrionale e centrale è dovuta ad un unico esemplare che per il grande sviluppo delle ossa intermascellari si trova assolutamente isolato nel suo gruppo. Le medie delle misure assolute delle ossa intermascellari sono pei diversi gruppi, le seguenti: Alpi 16,4; Italia settentrionale e centrale 17,7; Napolitano 18,3; Calabria 19,7.

Per queste ossa è ancora più evidente che per le ossa nasali l'aumento di lunghezza da nord a sud.

Le misure delle ossa intermascellari ridotte a 100^{mi} della lunghezza del cranio variano in tutti gli scoiattoli italiani osservati da 29 a 37 con un campo di variazione di ben 8 100^{mi} della lunghezza del cranio.

Le medie di tali misure relative in ogni gruppo sono: Alpi 31,2, Italia settentrionale e centrale 33,4, Napolitano 33,5, Calabria 35. Questo dimostra che anche in rapporto alla lunghezza del cranio (che pure sappiamo aumentare da nord a sud) le ossa intermascellari vanno gradatamente aumentando di lunghezza da nord a sud.

Venendo ora ad osservare le ossa frontali, vediamo che esse variano di lunghezza nelle misure assolute di tutti gli esemplari italiani osservati da 21,8 a 24,3 mm. con un campo di variazione di soli 2,5 mm.

La lunghezza assoluta di queste ossa varia negli esemplari Alpini da 21,8 a 22,4 mm., in quelli dell'Italia settentrionale e centrale da 22,3 a 23 mm., in quelli del Napolitano da 22,7 a 23,5 mm. e in quelli Calabresi da 23,4 24,3 mm.

Le medie sono pei diversi gruppi: Alpi 22, Italia settentrionale e centrale 22,5, Napolitano 23, Calabria 23,7.

Risulta da ciò che la variabilità della lunghezza delle ossa frontali è assai piccola, ma che ciò nondimeno essa pure va leggermente aumentando da nord a sud. Questa lunghezza relativamente alla lunghezza del cranio varia in tutti gli scoiattoli italiani osservati da 40 a 44 100^{mi} della lunghezza del cranio. È da notarsi che le due misure estreme si rinvengono in due esemplari dello stesso gruppo geografico e che esse sono riunite da misure gradatamente intermedie.

Le medie di queste misure relative sono per le Alpi 42,2, per l'Italia settentrionale e centrale 42,4, pel Napolitano 42,2 e per la Calabria 42,5 100^{mi} della lunghezza del cranio. Si vede da questi dati che la lunghezza delle ossa frontali relativamente alla lunghezza totale del cranio non presenta che oscillazioni minime e che essa mantiene una media quasi invariata nei diversi gruppi geografici.

Concludendo potremo asserire:

1° che la lunghezza assoluta delle ossa nasali, intermascellari e frontali varia in tutti gli esemplari osservati come in ciascun gruppo con evidente regolarità;

2° che la lunghezza assoluta di tali ossa va gradatamente aumentando nei diversi gruppi geografici da nord a sud, sebbene in diverso rapporto;

3° che le ossa intermascellari sono quelle che mostrano più accentuato l'aumento di lunghezza nei diversi gruppi, da nord a sud, tale aumento essendo un po' meno forte per le nasali e ancor meno per le frontali;

4° che le misure relative (100^{mi} della lunghezza del cranio) ci mostrano chiaramente come i rapporti fra la lunghezza delle ossa intermascellari e nasali e la lunghezza del cranio variino nei diversi gruppi geografici, aumentando la grandezza loro (specialmente delle intermascellari) in rapporto a quelle del cranio da nord a sud;

5° che il rapporto fra la lunghezza delle ossa frontali e quella del cranio non varia invece secondo i paesi mantenendosi in media invariato con tutti i gruppi geografici;

6° che i rapporti che corrono fra le lunghezze delle ossa frontali, intermascellari e nasali sono assai differenti nei diversi gruppi geografici aumentando la lunghezza dei nasali e ancor più degli intermascellari dal nord al sud in rapporto alla lunghezza dei frontali;

7° che tali differenze si riscontrano gradatamente dalle Alpi all'estremo della Calabria senza che si possa fissare un limite geografico di netto distacco.

***

Oltre a tutte le grandezze del cranio di cui siamo venuti trattando io ne ho misurate altre quattro ma di queste non sto a dire visto che esse si dimostrano in tutta la serie caratteri di secondario valore, sebbene relativamente poco variabili.

Per molte specie mammalogiche la sola esposizione delle misure lineari prese sul cranio non è sufficiente per far conoscere le variazioni di forma a cui esso cranio va soggetto nei diversi gruppi o nei diversi individui. Difatti assai spesso dalle misure assolute come dai loro reciproci rapporti non viene nettamente delineata e delimitata la forma dell'intero cranio che può quindi mutare (sebbene non molto) senza che essi vengano sensibilmente alterati. In tal caso è utile (direi anzi quasi necessario) descrivere la forma apparente del cranio e le variazioni di essa senza tener conto delle misure alle quali solamente dopo dovrà venir confrontata la descrizione derivante dalle semplici osservazioni visive. Questi casi possono nondimeno essere molto ridotti di numero se l'osservatore invece di prendere le solite misure simili per tutte le specie saprà modificare logicamente il metodo addattandolo ai caratteri speciali del gruppo che esso studia.

Pel gruppo sistematico di cui ora ci stiamo occupando escludo che sia necessario l'aggiungere alle misure ed ai rapporti anche la descrizione della forma generale del cranio e ciò perchè non si riscontrano in esso quelle modificazioni o variazioni di caratteri difficilmente rilevabili colla misurazione. Dalle su esposte misure dunque e specialmente dai rapporti che fra esse corrono, viene sempre e quasi perfettamente delimitata, per ogni scoiattolo, la forma del suo cranio.

Nondimeno non bisogna attribuire troppo valore ad una data misura lineare o a un dato rapporto, giacchè l'importanza di questi caratteri non è determinata tanto

dalla loro grandezza quanto dalla loro costanza o regolarità di variazione. Ritengo pertanto che quando si debba studiare su di un materiale proporzionalmente povero sia sempre necessario aggiungere ai dati diretti e ai rapporti anche la descrizione della forma del cranio.

Negli altri caratteri del cranio quali, le creste ossee, le apofisi e la saldatura delle ossa, non ho osservato alcuna struttura importante, come nessuna modificazione degna di venir menzionata.

XIII.

Del colorito dell'abito.

Era necessario, dopo avere studiato i suesposti caratteri di lunghezza assoluta e relativa, così di alcune parti esterne come del cranio, osservare anche, e con scrupolosità, le variazioni dell'abito degli scoiattoli italiani. Già dicemmo più sopra. come specialmente sui caratteri del colorito e della macchiatura i sistematici abbiano fondato le loro specie e razze geografiche. È inoltre noto come è proprio nelle variazioni della pigmentazione del pelo che si crede di poter scoprire con maggiore facilità l'influenza diretta del clima e della luce,

Siccome le modificazioni e variazioni di colorito sono numerosisime ed interessano talvolta tutto l'abito, tal'altra solo una parte di esso, così mi sarebbe stato assai difficile ordinare tutte le forme d'abito riscontrate e ancor più difficile sarebbe il dover descrivere ogni tenue modificazione; pertanto presi la diagnosi che i diversi autori dànno delle forme di scoiattolo da loro descritte ed ordinai i miei esemplari secondo che il loro abito corrispondeva alla descrizione del pelame di quelle diverse forme, ciò tuttavia senza tener conto degli altri caratteri che talvolta gli autori adducono.

Così vidi che l'oscillazione dell'abito degli esemplari italiani comprende ben 7 delle forme d'abito descritte dagli autori come proprie ciascuna d'una data *sotto-specie*. Le forme di passaggio fra un abito e l'altro sono naturalmente numerose, ma non così continue da rendere difficile una divisione in gruppi.

Esporrò per sommi capi i caratteri più salienti di ogni tipo d'*abito* riscontrato chiamando ciascuno col nome sistematico della forma di scoiattolo sulla quale esso era stato descritto.

1) Abito di *S. v. varius* Gmelin [1]. Inverno. — Colorito superiore grigio chiaro argentato uniforme; questo colore è dovuto all'essere ogni pelo grigio-cenere con uno o due anelli bianco-candidi. La coda e le orecchie (senza ciuffo) hanno la stessa tinta che le parti superiori. Il ciuffo delle orecchie è di color rosso dorato talvolta vivace. Le zampe presentano spesso una uniforme velatura rossastra sul bigio fondamentale; questa traccia tenue di tinta rossa si trova talvolta anche lungo la linea

[1] Bibliografia, n. 31.

dorsale dalla base della coda alla nuca. Le parti inferiori (compresi il mento e la gola) sono bianche. L'abito estivo diversifica da quello dello *S. v.* tipico solo per essere uniformemente più rossastro e molto più pallido, quasi slavato.

2) Abito di *S. vulgaris.* Linnaeus, tipico (1). Inverno. — Colorito superiore bruno-grigio derivante da l'avere i peli color bruno-opaco, degli anelli sottili bianco-grigiastri; sui fianchi questa tinta diviene più cinerea e sulle zampe, come lungo la linea dorsale, essa tende spesso al rossastro pallido. Le parti inferiori sono bianche; il mento è spesso scuro. La coda è bruno-rossastro-scura. L'abito estivo è uniformemente bruno-rossastro-legno colla coda dello stesso colore. Le zampe sono talvolta un po' più tendenti al rossastro. Le parti inferiori sempre bianche.

3) Abito di *S. v. fuscoater* Altum (2). Inverno. — Colorito superiore variante dal rosso-cannella-scuro al rosso-aranciato-scuro, lavato sui fianchi di color grigio-bruno. Coda rosso-aranciato-scuro; i peli della coda sono più colorati alla loro base, tendendo talvolta nella metà apicale al color rosso-cannella-chiaro. Zampe colorite come il corpo o talvolta più vivaci. Parti inferiori bianche, mento e gola raramente rossi. In estate il colorito superiore come quello della coda divengono vivacissimi, in alcuni individui giungendo al n. 102 Codes des couleurs (3).

4) Abito di *S. v. russus* Miller (4). Inverno. — Colorito delle parti superiori rosso-cannella-scuro tendente al color marrone-pallido, lavato di grigiastro-sudicio sui fianchi. Il colorito delle zampe è spesso più vivace e quello della coda lo è molto più. In estate il colorito delle parti superiori tende più al marrone-giallastro; la coda e le zampe rimangono come d'inverno. Le parti inferiori sempre bianche, mento spesso scuro.

5) Abito di *S. v. alpinus* Desmarest (5). — Parti superiori di color bruno molto scuro fittamente punteggiate di bianco o bianco-rossastro; questo colorito deriva dall'essere ciascun pelo bruno-nero con un anello bianco al centro e un secondo assai vicino all'apice. Lo spazio bianco del pelo è poi spesso lavato di rossastro. Le zampe anteriori sono nere, quelle posteriori sono nere nella loro faccia esterna, ma rosso-ruggine nella parte interna. Fra il colorito delle parti superiori e quello ventrale, vi è uno spazio intermedio che dalle guancie corre lungo i lati della gola e del petto e lungo i fianchi fino alla faccia interna delle zampe posteriori, il quale spazio varia dal color rossastro-chiaro fino al nocciola-grigiastro.

I ciuffi delle orecchie sono neri. La coda è sempre nera, ma la base dei peli è anellata di nocciola o di rossastro-chiaro. Parti inferiori bianche.

6) Abito dello *S. v. italicus* Bonaparte (6). Inverno. — Bruno-grigiastro scurissimo, talvolta picchiettato di grigio-chiaro, la testa è superiormente quasi nera, le zampe sono spesso tutte del colore del dorso, ma talvolta i piedi sono cannellini o anche rossastri. Il colore delle parti superiori è assai di sovente diviso dal bianco

(1) Bibliografia, n. 34.
(2) Bibliografia, n. 1.
(3) Klincksieck et Valette, *Cod. des couleurs.* Paris, 1908.
(4) Bibliografia, n. 39.
(5) Bibliografia, n. 27.
(6) Bibliografia, n. 5.

del ventre per mezzo di uno spazio intermedio di colore rosso-ruggine, che può talvolta essere vivacissimo e unirsi al colorito dei piedi.

La coda è sempre nera nel suo complesso, ma alla sua base si trovano spesso peli rossastri; ogni pelo poi della coda presenta base rossastro-nocciola. L'abito estivo è assai poco diverso, ma tende più al bruno-cupo mancando quasi sempre completamente la pichiettatura grigiastra. Parti inferiori bianche, gola e mento neri.

7) Abito di *S. v. meridionalis* Lucifero [1]. Inverno. — Il colorito appare completamente nero, ma, osservando, si vede che le parti superiori sono coperte di due sorta di peli, gli uni più brevi con base grigio-scurissima e colla punta appena per 1/10 di mm. giallo-lionato-scura, e gli altri molto più lunghi e lucenti di color grigio-nero-ardesia alla base e poi nero purissimo. Se il pelo non vien sollevato o l'esemplare non si trova in muta, appare solo il colorito prettamente nero. La picchiettatura del pelo inferiore è più facilmente visibile alla base della coda e nell'ultimo tratto del groppone. Le zampe sono nere. La coda è ricchissima, e i peli, che hanno base grigio-ardesia e talvolta uno spazio vicinissimo alla base grigio-giallastro, sono poi nettamente nero-lucenti. La linea di delimitazione fra il colorito superiore e il bianco ventrale è spesso occupata da uno spazio di transizione che ben lungi dall'essere giallastro, è grigio-ardesia o grigio-cenere. L'abito estivo è opaco e la leggera punteggiatura è talvolta visibile.

Esposti così i caratteri principali dell'abito di sette forme, come essi risultano dalle descrizioni degli autori e da osservazioni fatte sopra esemplari ritenuti tipici per ciascuna di esse, aggiungerò che sono numerosi fra gli esemplari italiani quelli che hanno abiti intermedi fra una forma e l'altra. Oltre poi ai soliti passaggi intermedii, si riscontrano anche abiti che hanno in parte colorito di una data forma e in parte quello di un'altra. Così ho esemplari superiormente neri quasi quanto il *meridionalis*, che presentano zampe rosso-vivacissime come il *fuscōater*, esemplari superiormente rosso-vivaci con coda quasi nerissima e viceversa, altri con zampe quasi nere e dorso marrone rossastro, altri con colorito generale bruno-nerastro e ciuffi delle orecchie rossi, e così via.

Nonostante ciò è sempre possibile vedere a quale delle forme sopra descritte si avvicina maggiormente l'abito che si osserva; questo sarebbe difficile per le variazioni intermedie graduali, ma, come già dissi, non si trova una vera ed insensibile scala che congiunga l'abito di una forma a quello d'un altra, ma solo degli esemplari che, pur potendo essere ascritti a un dato tipo d'abito, presentano dei caratteri tendenti a quelli di un altro tipo. Questo fatto che fra i diversi tipi di colorito non vi sia una ininterrotta catena di sfumature potei stabilire sicuramente anche per i *Putorius nivalis* d'Italia che mi fu pur facile di dividere in gruppi secondo il tipo o modello dell'abito.

Dopo aver detto ciò, per ispiegare come io divida in sette gruppi gli esemplari di *Sciurus vulgaris* italiani per studiarne l'abito, passo ora a enumerare per ogni gruppo geografico le forme riscontrate e la loro reciproca proporzione di frequenza.

[1] Bibliografia, n. 36.

A) Esemplari alpini. — Di questo gruppo potei esaminare ben 80 pelli raccolte in tutta la regione alpina dalle Alpi marittime alle Cadorine e in ogni mese dell'anno. Elencherò gli esemplari coll'ordine seguito nella descrizione delle succitate forme d'abito.

Un esemplare solo colto in inverno sulle Alpi piemontesi presenta l'abito perfetto dello *S. v. varius*. Per quanto io sappia, non era mai stata osservata questa colorazione su esemplari alpini, sebbene essa fosse già stata rilevata dal De Beaux [1] in individui dell'Appennino. Il nostro esemplare è disgraziatamente senza indicazione precisa di località di cattura (è solo detto « alpi piemontesi »). L'abito è al tutto simile a quello dei *S. v. varius* della Russia a cui ho potuto confrontarlo. Per le misure esso non presenta alcun carattere distintivo dagli altri esemplari alpini.

Tre esemplari portano l'abito di *S. vulgaris* tipico. Due hanno il colorito invernale ed uno quello estivo. Essi sono due ♂ ed una ♀ colti uno nel Cadore, uno nel Canton Ticino e uno in Piemonte.

Sette esemplari presentano l'abito della *S. v. fuscoater*; 4 sono colti in inverno e 3 in estate o primavera. Alcuni presentano una colorazione vivacissima in tutto il corpo, sulla coda e sulle zampe, e per di più uno di questi è stato catturato in inverno sul San Gottardo. Di questi sette, due sono del Cadore, uno delle Alpi lombarde, uno del San Gottardo e tre delle Alpi e Prealpi Piemontesi.

Quindici esemplari presentano il colorito dello *S. v. russus*, ma non tutti lo hanno assolutamente uguale alla descrizione direi tipica, tendendo due alle tinte vivaci del *fuscoater*, uno a quella pichiettata dell'*alpinus* e due a quellla dell'*italicus*. Di tutti questi esemplari; 9 furono colti in inverno e 6 d'estate o autunno (settembre-ottobre). Essi derivano da tutti i punti della catena alpina dal Cadore alle Alpi Marittime.

Ventisei esemplari portano l'abito dello *S. v. alpinus*; di questi però solo 21 corrispondono con assoluta esattezza alla descrizione sopracitata. Sedici furono catturati in inverno e dieci dall'aprile all'ottobre. Ne osservai di tutta la catena alpina quasi senza interruzione; ma nondimeno debbo dire che furono più numerosi quelli delle località assai elevate.

Ventotto sono gli esemplari che corrispondono alla descrizione dello *S. v. italicus*, ma essi variano abbastanza fra loro per l'intensità e disposizione del colorito. Quindici di essi furono catturati in stagione invernale e gli altri dal maggio all'ottobre. Ne ebbi da tutta la catena alpina ed ugualmente dalle altissime località, come dalle vallate più basse.

Tolto l'esemplare portante l'abito di *S. v. varius*, tutti gli altri coloriti riscontrati su individui alpini, furono da me osservati irregolarmente frammisti. Non sono nella stessa regione, ma nello stesso bosco. Così da Padola in Cadore ho osservati individui coll'abito di *fuscoater*, di *russus*. d'*alpinus* e d'*italicus*; ugual cosa osservai a Chialamberto nelle Alpi Graie e in diversi punti delle Alpi ticinesi.

Come dissi, osservai solamente che l'abito *alpinus* è più scarso nelle località poco elevate, ma nondimeno lo ritrovai anche a soli 500 metri s. m., mentre ebbi degli esemplari coll'abito di *fuscoater* da luoghi di grande altimetria.

[1] Bibliografia, n. 26.

Gia nel 1869 il Fatio (1) osservava che sulle Alpi svizzere « il n'y a pas plus d'Ecureuil des Alpes (*S. alpinus*) que d'Ecureuil d'Italie (*S. italicus*); . . . et l'on rencontre bien souvent, dans un seul nid, des petits rouges mélangés avec de noirs ». Nel 1878 il Lunel (2) osservava pure che le differenze di colorazione degli *Sciurus* delle Alpi sono indipendenti dalla stagione, dal sesso e dall'età. Per quanto mi fu possibile vedere, debbo pienamente concordare coll'asserto del Fatio e pure col Lunel in quanto esso asserisce per il sesso e l'età; per quello che si riferisce alla stagione dirò che ho osservato bensì che le differenze fra i diversi esemplari rimangono sempre evidentissime, ma che ho pur constatato che lo stesso esemplare assume abito diversamente colorito d'inverno e d'estate.

B) Esemplari d'Italia settentrionale e centrale. — Le pelli da me osservate di esemplari catturati dalla Liguria (esclusane la parte alpina) al Lazio, sono ben 125 di numerosissime località e di ogni mese dell'anno.

Un individuo che si conserva nel Museo della R. Università di Modena e còlto nei Boschi dell'Alto Appennino Modenese, presenta il perfetto abito invernale dello *S. v. varius*. Confrontando questo esemplare con dei tipici *varius* di Russia, si vede che non ne è assolutamente distinguibile. Nel 1910 il signor De Beaux (3) dava la notizia della cattura di 4 scoiattoli della « sottospecie *varius* tutti catturati nei dintorni, più o meno vicini, di Firenze ». Più precisamente gli esemplari di cui parla il De Beaux, furono catturati due a Montughi nei pressi della città (m. 70 s. m. circa), uno a S. Piero a Sieve cioè a 25 km. più a nord (m. 250 s. m.), e il quarto nella Romagna toscana, cioè nel versante Adriatico sebbene forse a soli 15 km. distante da S. Piero (a non meno di m. 400 s. m., ma probabilmente in boschi d'abeti a 700 od 800 metri s. m.).

Lo stesso autore dice che sul mercato di Firenze fu venduto un quinto esemplare preso in Toscana.

L'esemplare da me osservato, derivando dai « Boschi dell'Alto Appennino Modenese » è stato molto verosimilmente catturato nei boschi di abete o faggio e cioè sopra gli 800 metri s. m. ad almeno 85 km. di distanza da quelli descritti dal De Beaux. Questo osservatore spiegava senz'altro il fatto, ammettendo che in diverse ville della Romagna toscana e del Mugello, fossero stati in tempi passati introdotti dei *S. v. varius* importati dalla Russia.

La distribuzione dei 5 esemplari da lui citati faceva già parere arrischiata assai la sua ipotesi, che vien dimostrata assolutamente insufficiente dal fatto dell'avere ritrovato la stessa forma di abito nell'Appennino Modenese e in Piemonte.

Le dimensioni di questo esemplare modenese non sono affatto inferiori a quelle degli altri esemplari dell'Appennino.

Dieci sono gli esemplari di questo gruppo che portano l'abito dello *S. vulgaris* tipico. Di essi 6 sono stati colti in inverno e 4 dall'aprile all'ottobre. Sei provengono dall'Appennino Ligure, tre dall'Appennino Emiliano ed uno dal Toscano. Quello catturato più in basso fu preso a circa 100 metri s. m. e il più elevato a quasi 1000.

(1) Bibliografia, n. 28.
(2) Bibliografia, n. 37.
(3) Bibliografia, n. 26.

È da notarsi come in proporzione al numero d'esemplari osservati, questa forma di colorazione, pur essendo sempre scarsa, sia più numerosa nell'appennino settentrionale che sulle Alpi.

Ventitrè esemplari di questo gruppo presentano la colorazione, più o meno vivace, dello *S. v. fuscoater*. Di essi 18 sono liguri, due emiliani, due toscani e uno del Lazio. Quattordici sono catturati in estate e nove in inverno. È pur in questo caso assai degno di nota il fatto che in proporzione la forma rossa *fuscoater* è molto più comune nell'Appennino settentrionale (specialmente ligure) che non sulla catena alpina.

Ventisette individui dell'Italia settentrionale e centrale presentano l'abito di *S. v. russus*, nondimeno alcuni di questi tendono alle forme *fuscoater* o *italicus*; 22 hanno l'abito tipico. Diciotto sono stati colti in inverno. Sono ben 19 quelli catturati in Liguria, uno in Lombardia (Pavese), tre nell'Appennino emiliano e quattro in quello toscano. Proporzionalmente al numero d'esemplari osservati questo abito appare un po' più frequente nell'Appennino settentrionale che non sulle Alpi.

Ventisei esemplari di questo gruppo geografico presentano l'abito dello *S. v. alpinus*. Solo 16 però lo hanno assolutamente simile alla descrizione. Dei ventisei, 20 sono colti in inverno; 16 provengono dalla Liguria, 6 dall'Appennino emiliano e 4 dal toscano. È da notarsi che in proporzione al numero di pelli osservate l'abito della forma *alpinus* è molto meno comune nell'Appennino settentrionale e centrale che non sulla catena alpina.

Trentotto sono gli individui che hanno abito di *S. v. italicus*. Di essi 21 sono liguri, 7 emiliani, 8 toscani e 2 del Lazio. Proporzionalmente al numero di esemplari osservato, questo abito si trova circa colla stessa frequenza sull'Appennino settentrionale e centrale e sulle Alpi.

Come per la regione alpina così anche per questa, tutti i coloriti qui sopra elencati (meno quello di *S. varius*) furono da me osservati irregolarmente frammisti. Infatti di un solo bosco dell'alto Appennino modenese, ho veduti esemplari con abito di *vulgaris*, di *russus*, di *fuscoater*, di *alpinus* e di *italicus*, il qual fatto potrei pure citare per diverse località della Liguria. Parlando del gruppo alpino, dissi che la forma *alpinus* vi è più comune nelle località elevate; ciò si verifica anche nel gruppo di cui ora trattiamo, sebbene in minor proporzione trovandosi esemplari liguri con questo abito catturati a soli 200 m. sul mare.

Si vede chiaramente che le forme di colorito riscontrate nell'abito degli scoiattoli della catena alpina si trovano pur tutte negli scoiattoli dell'Appennino settentrionale e centrale. È pure degno di nota che la frequenza delle forme rosse è proporzionalmente superiore in questa parte dell'Appennino che non sulle Alpi, mentre la frequenza della forma *alpinus* è molto inferiore, e quella dell'abito d'*italicus* quasi invariata.

C) Esemplari d'Italia meridionale (Calabria esclusa). — Sono disgraziatamente solo 14 le pelli da me osservate per questo gruppo, nondimeno troviamo fra esse rappresentate ben 4 delle succitate forme di abito.

Un individuo presenta l'abito del *fuscoater* e con tinta assai vivace. Fu catturato sulle montagne dell'Abruzzo e dalla ricchezza del pelame si direbbe in abito

invernale. Questo esemplare è assolutamente uguale a quello catturato sul San Gottardo. Sono entrambi individui nani, benchè adulti e il loro mantello è pure identico.

Due esemplari hanno l'abito della forma *S. v. russus*. Uno di essi fu catturato ad Agnone e il secondo ha come sola indicazione: Italia meridionale.

Tre presentano l'abito dello *S. v. alpinus* e tutti sono dell'Appennino napolitano (Benevento, Salerno). Sembrano tutti stati presi in inverno.

Otto hanno abito di *S. v. italicus*; sei di essi hanno abito invernale e gli altri sono probabilmente stati catturati in estate. Due sono di Agnone e gli altri dell' « Appennino Napolitano ».

Anche in questo piccolo gruppo si trovano individui con diversissimo abito, catturati nella stessa ristretta località.

Il Trouessart [1] dice che la forma nera dello *S. v. italicus* è la sola conosciuta nel mezzogiorno d'Italia e « specialmente negli Abruzzi e sulla Somma del Vesuvio ».

Bastano l'esemplare rosso accesissimo dell'Abruzzo e i due *fuscoater* del Napolitano per dimostrare il suo asserto assolutamente infondato. Certo è però che in proporzione al numero di esemplari osservati, la forma *fuscoater* e la *russus* sono molto più scarse in questo gruppo che non nei due precedenti, mentre la forma *alpinus* vi si trova colla stessa frequenza che nell'appennino settentrionale e centrale e l'*italicus* con frequenza quasi doppia. L'abito della forma *S. vulgaris* tipico non è rappresentato nei 14 esemplari di questo gruppo.

D) Esemplari Calabresi. — I 6 esemplari di Calabria che ho potuti osservare, provengono tutti dalla Sila e 4 di essi dal versante Jonio sopra Cotrone in provincia di Catanzaro, uno invece è stato catturato nel versante Tirreno in provincia di Cosenza; il sesto ha come indicazione « Sila ». Tutti presentano l'abito *assolutamente* invariato dello *S. v. meridionalis* qui sopra descritto.

Di essi 6, 5 sono stati catturati fra il novembre e il febbraio ed uno pel pelo breve e meno folto si direbbe estivo.

È notevolissimo il fatto della nessunissima variabilità nell'abito di questi individui colti in diversi punti della Sila. Dopo aver osservato le sei pelli, scrissi a diversi cacciatori e raccoglitori a Cotrone, a Catanzaro e a Reggio per sapere se loro fosse mai capitato di catturare od osservare in Calabria uno scoiattolo a pelame diversamente colorito da quello nero corrispondente alla descrizione dello *S. v. meridionalis*, ed esponevo i caratteri sopra citati. Tutti concordemente mi risposero che in varii, anzi in molti anni di osservazione non avevano mai visto uno scoiattolo calabrese che presentasse caratteri diversi da quelli già da me osservati.

Già nel 1909 il marchese Lucifero [2], descrivendo lo *S. v. meridionalis*, asseriva che « nessuno vide mai in Calabria scoiattoli bruno-rossicci, e le tradizioni più antiche e più autentiche non ricordano e non constatano che sempre il nero ».

È realmente importante il fatto non tanto dell'essere la colorazione diversa da quella di tutti gli altri scoiattoli italiani, quanto quello della assoluta stabilità dei caratteri dell'abito.

[1] Bibliografia, n. 36.
[2] Bibliografia, n. 36.

Specchio delle varie colorazioni dell'abito riscontrate negli *S. vulgaris* d'Italia.

	Alpi	Italia Settentrionale e Centrale	Italia Meridionale	Calabria	Totali
Abito di *S. v. varius*	1	1	—	—	2
» *S. v. tipico*	3	10	—	—	13
» *S. v. fuscoater*	7	23	1	—	31
» *S. v. russus*	15	27	2	—	44
» *S. v. alpinus*	26	26	3	—	55
» *S. v. italicus*	28	38	8	—	74
» *S. v. meridionalis* . . .	—	—	—	6	6
Totali . . .	**80**	**125**	**14**	**6**	**225**

Concludendo intorno a quanto abbiamo esposto sull'abito e sul suo colorito, possiamo asserire:

1° che in tutti gli esemplari d'Italia, la Calabria esclusa, si osserva una grandissima variabilità di colorazione dell'abito e che tale variabilità non si mostra affatto regolare e continua;

2° che fra i diversi tipi d'abito non vi è un'ininterrotta scala di insensibili variazioni graduali, ma solo l'accostamento di caratteri di due o tre tipi;

3° che non vi è nessuna relazione fra l'abito degli scoiattoli e la loro età o sesso;

4° che non vi è nessun nesso fra il colorito dell'abito e le misure assolute e relative del corpo e dello scheletro;

5° che non si trova nessun legame fra le condizioni della località di cattura (altimetria, temperatura, nutrizione) e il colorito dell'abito;

6° che l'abito dello *S. v. varius* appare accidentalmente e certo con somma rarità in esemplari delle Alpi e dell Appennino settentrionale;

7° che le forme d'abito rosse o rossastre (tipico-*fuscoater russus*) si trovano in proporzione meno numerosa fra gli scoiattoli delle Alpi (31 %) che non fra quelli dell'Appennino Settentrionale e Centrale (48 %); ma con proporzione inferiore che in entrambi quei gruppi nell'Italia Meridionale (Calabria esclusa) (21 %), mancando poi assolutamente in Calabria;

8° che la forma d'abito *alpinus* è più comune sulle Alpi (32 %), mentre rimane proporzionalmente invariata nei due gruppi dell'Italia settentrionale e centrale e della meridionale, la Calabria esclusa (21 %) e manca in Calabria;

9° che la forma d'abito dell'*italicus* si trova con frequenza piuttosto grande sulle Alpi (35 %), un po' inferiore nell'Italia settentrionale e centrale (30 %) e grandissima invece nell'Italia meridionale, la Calabria esclusa (57 %); manca in Calabria;

10° che l'abito di *meridionalis* è esclusivo degli scoiattoli calabresi, i quali diversificano nettamente dagli altri di tutta Italia pel fatto che presentano un'*assoluta* stabilità dei caratteri dell'abito.

XIV.

Di alcuni scoiattoli non italiani e del loro confronto con questi.

Come fin da principio vedemmo, i sistematici credettero scoprire per ogni paese d'Europa forme diverse e ben distinte, perciò era interessante vedere quale relazione corresse fra quelle forme e le diverse variazioni osservate negli scoiattoli d'Italia.

Furono disgraziatamente pochi gli scoiattoli da me osservati non italiani, furono solo 12. Di essi 3 sono *S. v. varius* della Russia Europea, 2 *S. v. leucurus* [1] di Norfolk in Inghilterra, 3 della Germania meridionale (Baviera), di cui 2 con abito di *S. v. fuscoater* ed uno di *russus*, 3 della Francia meridionale-orientale di cui uno con abito di *fuscoater*, uno di *russus*, ed uno d'*italicus*, ed uno della Spagna centrale determinato dal raccoglitore come *S. v. baeticus* [2]. Come si vede, sebbene gli esemplari siano pochi, pure essi provengono da 5 paesi molto diversi, in ciascuno dei quali i sullodati sistematici hanno scoperta una razza geografica di scoiattolo. Nello specchietto seguente ho messo le misure tanto assolute come relative, che mi è stato possibile prendere sui dodici esemplari non italiani. Passeremo ora in rapida rivista tali misure.

Misure di *S. vulgaris* di diversi paesi d'Europa osservati per confronto.

Forma	*varius*			*leucuru*		*fuscoater*			*fuscoater e russus*			*baeticus*
Paese	Russia			Inghilterra		Baviera			Francia			Spagna
Lungh. totale	425	430	432	400	400	440	410	406	400	415	435	385
» coda	200	220	220	195	175	200	180	180	180	200	214	186
» piede poster.	57	57,5	58	57	61,2	58	60	59	55	58	58,2	56
» mass. cranio.	52 3	52,5	53,4	51	51	54	52.3	52 6	52	52,9	53,2	52
Largh. » »	29	29,1	30	29,2	31,8	31,4	30,2	29,9	29,3	30	31	30,9
Alt. cranio all'ap. aur.	22	22,4	22,5	21,6	22	22,2	22	21,9	22,3	22	22,6	21,6
Le stesse misure relative alla lunghezza totale (3600mi somatici).												
Lungh. coda	1694	1841	1832	1755	1575	1636	1580	1594	1620	1734	1819	1739
» piede post.	482	481	483	513	550	474	526	522	495	502	491	523
» mass. cranio.	452	439	444	459	459	441	459	466	468	458	452	486
Largh. » »	245	243	249	262	286	256	265	265	263	260	263	288
Alt. all'ap. auricolare.	186	187	187	194	198	181	193	194	200	190	192	202

[1] Bibliografia, n. 33.

[2] Bibliografia, n. 8.

La lunghezza totale varia nei tre individui russi da 425 a 432 mm., in quelli inglesi rimane di 400 mm., nei tre bavaresi va da 406 a 440 mm., nei tre francesi da 400 a 435 mm. e nell'esemplare spagnolo è di 385 mm.

Si osserva dunque una variabilità nei gruppi e si vede che tutti gli esemplari osservati variano per la lunghezza totale fra due estremi i quali sono contenuti non solo entro la variazione osservata nella lunghezza totale degli scoiattoli italiani, ma anche entro quella osservata nel solo gruppo alpino. Inoltre se prendiamo le misure che gli autori riportano come tipiche per la lunghezza totale delle diverse forme, vediamo che fra la misura minima 360 mm. (1) (*S. v. baeticus*) e la massima 510 (*S. v. infuscatus*) vi è meno differenza che non fra la minima e la massima osservate in tutti gli esemplari italiani e poco più della differenza osservata negli scoiattoli d'Italia tolti i calabresi.

La lunghezza assoluta della coda varia nei tre esemplari russi da 200 a 220 mm., nei due inglesi da 175 a 195 mm., nei tre bavaresi da 180 a 200 mm., nei tre francesi da 180 a 214 mm., e nello spagnolo è di 186 mm. È facile vedere come la coda sia variabile entro i diversi gruppi non ostante i pochissimi esemplari, ed è poi evidente che nessuno degli esemplari osservati ha la coda diversa per lunghezza da quella di qualche esemplare del gruppo Alpino. Gli autori fra le misure della coda che portano come caratteri sistematici, dànno per misura massima 230 mm. e per minima 160 mm., noi nel gruppo dell'Italia settentrionale e centrale, trovammo come massimo 260 e come minimo 165 mm. Nelle misure relative della coda si vede una grande variabilità fra gli esemplari della stessa regione e si osserva che tutti gli individui osservati variano fra un minimo ed un massimo (157 e 184 360^{mi} somatici) che sono entrambi contenuti nella variabilità trovata nei soli ♂ alpini.

La lunghezza assoluta del piede posteriore va nei tre esemplari russi da 57 a 58 mm., nei due inglesi da 57 a 61,2 mm., nei tre bavaresi da 58 a 60 mm., nei tre francesi da 55 a 58,2 mm. e nell'esemplare spagnolo è di 56 mm.

Anche in questo caso (dato il numero estremamente piccolo d'esemplari 2 o 3) si può arguire che vi è una sensibile variabilità nei gruppi. Le misure estreme osservate per la lunghezza assoluta del piede nei dodici esemplari non italiani sono entrambe contenute nel campo di variazione trovato da noi pei soli ♂ dell'Italia settentrionale e centrale.

Nelle misure relative della lunghezza del piede vediamo che vi è variabilità fra gli esemplari dello stesso paese, ma dobbiamo pure osservare che se i gruppi di Russia, Francia e Spagna presentano tali misure simili a non poche osservate in esemplari Alpini, i gruppi d'Inghilterra e Germania presentano alcuni esemplari che hanno la lunghezza relativa del piede superiore a tutte quelle osservate in Italia. La differenza piccola (soli 3 360^{mi} somatici) e il piccolissimo numero d'esemplari veduti, fanno sì che sia impossibile dare importanza a tale fatto. In quanto alle misure date dagli autori per la lunghezza del piede esse corrispondono tutte a quelle di alcuni esemplari dell'Appennino Tosco-Emiliano.

(1) Nel nuovo lavoro del Miller viene data per questa forma la misura di soli 335 mm. per la lunghezza totale e di 135 mm. per la coda.

La lunghezza assoluta del cranio varia nei tre scoiattoli russi da 52,3 a 53,4 mm., nei due inglesi rimane di 51 mm., nei tre bavaresi va da 52,3 a 54 mm., nei tre francesi da 52 a 53,2 mm. e nello spagnolo è di 52 mm. Dato il numero degli esemplari e la piccola variabilità delle misure del cranio, non si può dire nulla della variabilità in ogni gruppo geografico.

Le misure estreme osservate per la lunghezza assoluta del cranio negli esemplari non italiani, sono di gran lunga contenute nel campo di variazione tanto del gruppo Alpino come di quello dell'Italia settentrionale e centrale. Le misure relative della lunghezza del cranio sono variabili nei diversi gruppi e, se si eccettua l'esemplare spagnuolo, gli estremi presentati dagli 11 scoiattoli sono contenuti nella variabilità osservata per tale dimensione negli esemplari ♂ alpini. La misura dell'individuo spagnolo supera poi di soli 0,5 360^{mi} somatici, la massima misura relativa osservata in Italia, così che si può dire trascurabile la differenza. Le misure della lunghezza del cranio date dagli autori per le diverse forme europee variano da 51 a 59 mm., cioè tutte, fuorchè una (quella data pel *S. v. infuscatus*) [1], corrispondono a misure riscontrate in esemplari Alpini. Rendendo relative alla lunghezza totale queste misure degli autori, vediamo che esse tutte corrispondono a quelle di alcuni esemplari Alpini.

La larghezza massima del cranio va nei tre scoiattoli russi da 29 a 30 mm., nei due inglesi da 29,2 a 31,8 mm., nei tre bavaresi da 29,9 a 31,4 mm., nei tre francesi da 29,3 a 31 mm., e nell'esemplare spagnolo è di 30,9 mm. Non ostante il piccolo numero di individui è visibile la variabilità fra esemplari dello stesso paese. La variabilità di questa misura in tutti i 12 esemplari osservati è contenuta in quella osservata pel gruppo Alpino e le è anzi quasi simile. Se riduciamo queste 12 misure a 360^{mi} della lunghezza totale, troviamo che il rapporto fra la larghezza del cranio e la lunghezza dell'individuo, varia anche nello stesso gruppo e che in tutti questi individui non è mai diverso dal rapporto presentato da alcuni esemplari Alpini e dell'Italia settentrionale e centrale. Delle misure poi della larghezza del cranio riportate dagli autori, solo una diversifica da quelle osservate nel gruppo Alpino (*S. v. infuscatus*); essa misura poi, relativamente alla lunghezza totale è simile a molte del gruppo Alpino.

L'altezza del cranio all'apertura auricolare varia nei tre esemplari russi da 22 a 22,5 mm., nei due inglesi da 21,6 a 22 mm., nei tre bavaresi da 21,9 a 22,2 mm. nei tre francesi da 22 a 22,6 mm. e nello spagnuolo è di 21,6. Non appare dunque (dato il piccolo numero d'individui) differenza sensibile fra un gruppo e l'altro e tutte 12 le misure osservate corrispondono a misure della maggior parte degli individui alpini e dell'Italia settentrionale e centrale. Le misure relative dell'altezza del cranio corrispondono tutte a moltissime del gruppo alpino, ma non tutte trovano corrispondenza nel gruppo dell'Italia settentrionale e centrale.

L'indice cranico varia nei tre esemplari russi da 55 a 56, nei due inglesi da 57 a 62, nei tre bavaresi da 56 a 58, nei tre francesi da 56 e 58 e nello spagnuolo è di 59. Si vede bene che la variabilità dell'indice è rilevante anche nello stesso gruppo geografico. Tutti questi indici corrispondono a molti osservati su esemplari delle Alpi

[1] Bibliografia, n. 8.

e dell'Italia settentrionale e centrale. Gl'indici cranici che derivano poi dalle misure degli autori corrispondono *tutti* a indici trovati su esemplari alpini o dell'Italia settentrionale e centrale.

L'indice dell'altezza del cranio all'apertura auricolare va nei tre esemplari russi da 41 a 42, nei due inglesi da 42 a 43, nei tre bavaresi rimane di 41, nei tre francesi varia da 41 a 43 e nello spagnuolo è di 41. È da notarsi che pure questi rapporti sono simili a non pochi osservati su individui delle Alpi e dell'Italia settentrionale e centrale.

Passiamo ora a dire qualcosa intorno all'abito di questi 12 esemplari non italiani.

I tre *S. v. varius* della Russia sono tutti in abito invernale e presentano abito invariato e assolutamente simile a quello dei due esemplari italiani di cui già parlammo.

I due esemplari di Norfolk non sono simili fra loro. Uno corrisponde esattamente alla descrizione data dagli autori per lo *S. v. leucurus*, è cioè di colorito rossastro-scuro colla coda bruna ma così stinta da apparire di color paglierino.

L'altro invece è molto più scuro sul corpo, castano-scuro, e la coda è appena lavata di giallastro, ciò essendo l'individuo completamente adulto. Il secondo esemplare presenta dunque caratteri di colorito simili a quelli di alcuni abiti di scoiattoli italiani.

Dei tre esemplari bavaresi, due presentano abito rosso vivace di *S. v. fuscoater* ed uno abito di *russus*, ma tendente alla tinta scura. Che gli scoiattoli tedeschi siano variabilissimi pel colorito, ce lo attestano numerosi autori e con parole non dubbie. Gli abiti da me osservati corrispodono a quello di *moltissimi* esemplari italiani.

Dei tre esemplari francesi uno ha abito di *fuscoater* con tinte vivaci assai, uno abito di *russus* ed uno presenta un colore superiormente quasi nero con bordi e sfumature rossastre, è cioè del tipo *italicus* con alcuni caratteri di *alpinus*. Molti autori francesi del resto ci dicono che si trovano frammisti nello stesso luogo le più diverse forme d'abito di scoiattolo.

Tutti e tre gli abiti qui osservati corrispondono a quelli di molti esemplari Alpini, e della penisola italiana.

L'esemplare spagnuolo viene da Segovia nella Spagna centrale e porta un abito che appare intermedio fra quello dello *S. vulgaris* tipico e quello dello *S. v. infuscatus*. Mentre nessuno degli esemplari italiani osservati corrisponde *esattamente* per l'abito alla descrizione dello *S v. infuscatus*, parecchi esemplari sono simili e questo che potrebbe giudicarsi anche intermedio fra l'*alpinus* e il tipico. È degno di nota che questo individuo presenta poi misure piccolissime che sono in contraddizione con quelle date dagli autori per le forme, secondo loro, esclusive della Spagna Centrale. Forse per le sue dimensioni questo esemplare è stato determinato come *S. v. baeticus* di cui poi non ha l'abito.

***

Il numero troppo esiguo d'esemplari non italiani da me osservati, fa sì che io non sia potuto venire a conclusioni intorno alla variabilità dei caratteri dello *S. vul-*

garis in ogni parte d'Europa, ma è stato nondimeno sufficiente per completare con confronti il mio studio sulla variabilità dello *S. vulgaris* in Italia.

Le misure assolute tanto esterne come interne (cranio) prese sugli esemplari di diverse parti d'Europa, trovano *tutte* corrispondenza in esemplari catturati sulle Alpi e nell'Italia settentrionale e centrale. Queste misure poi si dimostrano variabili in esemplari di stessa provenienza. Delle misure assolute che gli autori danno come proprie delle diverse sottospecie di *S. vulgaris*, solo la lunghezza e larghezza del cranio dello *S. v. infuscatus* non trovano corrispondenza nelle misure di esemplari italiani, tutte le altre ritrovandosi nei gruppi Alpino e dell'Italia settentrionale e centrale.

Le misure relative alla lunghezza totale dell'individuo, tanto esterne come interne, prese sui dodici esemplari di diverse parti d'Europa, si mostrano quasi tutte simili a molte misure riscontrate su esemplari alpini e talune anche sono pure simili a certe del gruppo dell'Italia settentrionale e centrale.

Le sole due misure che non trovano completa corrispondenza, diversificano di frazioni assolutamente trascurabili. Anche le misure date dagli autori relativamente alla lunghezza totale, corrispondono sempre a misure di esemplari alpini.

Gl'indici del cranio dei dodici esemplari europei corrispondono *tutti* a indici già osservati in esemplari delle Alpi e dell'Italia settentrionale e centrale. Uguale cosa si può dire degli indici del cranio estratti dalle misure date dagli autori per le diverse sottospecie.

È assai degno di nota che le misure, tanto assolute come relative, presentate da questi esemplari non italiani, le quali coincidono perfettamente con quelle di non pochi individui delle Alpi e dell'Italia settentrionale e centrale, non trovino invece che assai di rado corrispondenza (per la totalità delle misure di un individuo) in quelle degli scoiattoli dell'Italia meridionale e, tanto meno, della Calabria.

Si può senz'altro affermare che per le misure assolute e per i rapporti del corpo e dello scheletro, nessuno degli scoiattoli europei sopra osservati e quasi nessuna delle forme per cui gli autori danno le dimensioni, diversifica dagli scoiattoli Alpini quanto un esemplare del Napolitano e tutti sempre molto meno che un esemplare Calabrese.

Passiamo ora a riassumere quanto osservammo sul colorito. Dei dodici esemplari non italiani da noi osservati, solamente uno presenta un abito mai riscontrato su individui d'Italia. E inversamente uno solo dei tipi d'abito riscontrati su esemplari italiani (*S. v. meridionalis*) non ha corrispondenza in esemplari esteri osservati.

A queste osservazioni si può aggiungere quella intorno alla variabilità del colorito che appare grandissima in molti paesi d'Europa. I due esemplari inglesi sono diversi assai fra loro, i tre bavaresi si dividono in due gruppi e i tre francesi appartengono ciascuno a un diverso tipo di colorazione. Inoltre poi sono molti gli autori che dicono che nello stesso paese e in diverse parti d'Europa, essi trovarono irregolarmente frammiste le differenti forme d'abito di scoiattolo.

Per la Germania il Brehm [1] asserisce che: « Nelle foreste della Germania si « incontrano *spesso* individui neri, i quali non appartengono a nessuna specie distinta,

[1] Bibliografia, n. 6.

« poichè fra i nati prodotti dallo stesso parto, si annoverano talora individui rossi e « individui neri ».

Per la Francia i signori Martin & Rollinat (1) occupandosi dei mammiferi della Brenna nella Francia centrale, dove secondo gli autori dovrebbe trovarsi la forma *S. v. russus*, dicono di aver trovato esemplari « nei quali il rosso è rimpiazzato da un color nero di velluto ».

In quanto poi all'Inghilterra dove dovrebbe trovarsi solo la forma d'abito *S. v. leucurus* tanto caratteristica nelle descrizioni, per la coda biancastra dell'adulto, il Butterfield e lo Smith dicono di aver visti individui adulti colla coda scura in estate, non solo, ma anche in autunno.

Ma basta osservare le descrizioni stesse dei sistematici che distinsero le sottospecie di *S. vulgaris* o che le misero di nuovo in vita, per vedere come i caratteri da loro attribuiti all'abito di una *razza geografica*, ben lungi dall'essere stabili nella regione a cui la forma è attribuita, non siano invece altro che i caratteri *più comuni* in quella regione. Così coloro che ammettono per non pochi paesi della Germania la sola sottospecie *S. v. fuscoater* che si distingue esclusivamente per la sua tinta rossa e per la coda pure rossa, sono poi costretti ad aggiungere che questa sottospecie (?) presenta una « *fase bruna* che è meno comune!! ».

Ugual cosa succede per lo *S. v. italicus* che si distingue solo per le sue tinte scurissime e che è *razza geografica* d'Italia di cui non pochi autori dicono che « può presentare *una fase rossa*, la quale è più rara che quella scura!! ».

E questo si ripete nelle descrizioni dell'abito di scoiattoli di tutti i paesi (o quasi) dei quali furono descritte razze geografiche.

Gli stessi sistematici descrittori di forme d'abito proprie ciascuna ad un dato paese, vengono dunque a testimoniare che i caratteri del colorito sono quasi ovunque variabili ed anzi molto variabili. Nondimeno ogni gruppo geografico presenta una forma d'abito che in lui è più frequente delle altre e non ne presenta affatto alcune che compaiono poi in altri gruppi frammiste a quelle del primo.

Questo fatto, tanto comune per l'abito e la colorazione di quasi tutte le specie di mammiferi europei, non esclude affatto che in alcuni rari paesi manchi del tutto o quasi la variabilità dei caratteri dell'abito; ed è solo in questi casi di stabilità (da me osservata solo negli *S. v. varius* (che però si mostrano anche fuori della loro area) e negli *S. v. meridionalis*) che l'abito può e deve venire considerato come carattere non esclusivamente individuale.

XV.

Deduzioni intorno alla variabilità dello S. vulgaris.

Alla fine d'ogni capitolo abbiamo esposte le conclusioni derivanti dallo studio particolare che in esso capitolo eravamo andati svolgendo, non intendiamo pertanto di ripetere qui nè di riassumere le diverse conclusioni parziali, bensì di esporre bre-

(1) Bibliografia, n. 38.

vemente quello che ci è fu dato vedere o intravedere intorno alle leggi che appaiono reggere la variabilità di questa specie in Italia.

Anzi tutto ci colpisce la grande, anzi grandissima importanza delle variazioni individuali.

Le variazioni individuali fluttuanti, come si sogliono modernamente chiamare, sono ora l'oggetto di non poche ricerche seguenti metodo matematico; esse ricerche infatti si basano specialmente sulla legge di Quetelet, la quale dice che nei fenomeni biologici le oscillazioni intorno ad una media seguono le stesse leggi che le oscillazioni di qualsiasi altro fenomeno guidato dal caso.

Ora ben si sa che le oscillazioni individuali sono un fenomeno universale che si ripete in ogni organismo ed anzi per ogni organo e per ogni singolo carattere, compresi quelli che sembrano immutabili.

Distintiva propria delle variazioni individuali fluttuanti è che esse non si possono produrre che aumentando o diminuendo una qualità *già esistente*; questo è il fatto messo in luce da numerose ricerche di metodo matematico, fatto che serve ora di base alle nuove ricerche che lo vanno man mano confermando.

Ma è bene stabilire come si possano distinguere, per la maggior parte dei *tipi* dei *metazoi*, due diverse forme di variazioni fluttuanti, cioè:

1° quella che riguarda le modificazioni presentate dai caratteri di un individuo proporzionalmente alla media;

2° quelle variazioni che presentano *i rapporti* fra la misura di un organo e quella di un altro dello stesso individuo.

Fu per poter seguire questa seconda forma di variazioni fluttuanti che noi studiammo ed ordinammo alcuni dei principali rapporti calcolati.

Per entrambe le forme di variazione fluttuante, più aumenta il numero delle osservazioni e più appare divenir regolare la variazione e la curva da essa risultante. Se invece nel gruppo studiato si troveranno delle modificazioni che non si possano allineare colle altre e che accentuino o non diminuiscano la loro divergenza man mano che aumenta il numero delle osservazioni, allora si potrà dire che ci si trova di fronte ad una modificazione d'indole *diversa* dalle fluttuazioni individuali. In tal caso è poi oltremodo importante confrontare la variazione della misura assoluta con quella dei rapporti fra le misure degli organi interessati, giacchè quasi sempre deve verificarsi che il fenomeno avvenga corrispondentemente in entrambe.

Ma veniamo alle nostre deduzioni.

A chi ha seguìto lo studio e ha osservato le numerose curve sarà apparso chiaro che per lo scoiattolo, nei singoli gruppi geografici, ciascuna specie di grandezza assoluta esaminata in ogni organo, varia con una regolarità grandissima e ciò anche in gruppi tutt'altro che numerosi.

Facemmo già confronti fra la variabilità di una lunghezza e quella di un'altra, ma vogliamo qui ripetere una osservazione importantissima; che cioè vien sicuramente stabilito che le misure assolute del cranio oscillano assai meno di quelle delle altre parti del corpo e che entro i limiti della loro variabilità esse si dispongono in modo tale da far assumere (anche con un numero non grande di dati) alla classe mediana un valore di frequenza proporzionalmente grandissimo, e da originare curve

in generale assai più regolari di quelle derivate dalla seriazione delle misure delle altre parti del corpo degli stessi individui.

Questo fatto, che probabilmente si verifica nella variazione di molte, se non di tutte le specie di vertebrati, non solo indica quale importanza abbia lo studio di questa parte di scheletro, ma fa logicamente supporre che il cranio sia meno soggetto, fra le diverse parti dell'organismo, all'influenza delle numerosissime cause possibili della variazione individuale e che i suoi caratteri abbiano quindi una maggiore forza conservativa.

Nondimeno, per tutte le lunghezze assolute studiate, osservammo in ogni gruppo geografico una ininterrotta e più o meno regolare forma di variazione. E possiamo aggiungere che una eguale regolarità trovammo anche nelle variazioni dei rapporti tra le misure di ciascuna delle diverse grandezze e la statura dell'individuo. Pure in questo genere di variazioni dobbiamo constatare che, non ostante l'ampiezza, in proporzione, diversa delle oscillazioni della lunghezza totale e delle dimensioni assolute del cranio, i rapporti derivati dalle dimensioni del cranio si mostrano i più fedeli ad una media, cioè i più conservativi.

La regolarità delle fluttuazioni è un po' meno evidente, dato lo stesso numero d'osservazioni, pei rapporti che corrono fra le diverse dimensioni del cranio stesso.

Infatti osservammo che l'indice cranico e l'indice dell'altezza del cranio alla apertura auricolare tendono, nei gruppi formati da esemplari d'ambo i sessi, ad oscillare più in un senso che nell'altro, avendo la classe di maggior frequenza sempre spostata, relativamente al campo di variazione, verso sinistra, cioè verso le classi di minor valore.

Queste irregolarità andrebbero scomparendo se si aumentasse il numero delle osservazioni, ma è importante il notare che anche nel tipo delle stesse irregolarità riscontrate, intravvediamo una legge regolatrice secondo il tipo della grandezza. In questa osservazione, che coll'attuale materiale non sono in grado di approfondire, potrà forse trovarsi la radice di ricerche più complete e molto importanti.

Prima di passare a chiedere alle osservazioni quale rapporto corra fra le diverse variazioni riscontrate e gli agenti esterni più evidenti, bisogna che cerchiamo di stabilire quale valore hanno nella variabilità dei caratteri di questa specie i caratteri secondarî sessuali.

In molte specie di mammiferi i caratteri sessuali secondarî hanno un'importanza grandissima ed anzi si potè stabilire che fra un sesso e l'altro non solo si riscontrano diversità nel valore di certi caratteri, ma che anche la variabilità di un dato carattere si mostra talvolta diversissima nelle serie maschili dalle serie femminili.

Nel mio studio sulle donnole trovai infatti che, oltre ad un'assai evidente e stabile differenza fra le misure dei maschi e quelle delle femmine, vi era pure una diversità grandissima nella variabilità, sempre molto minore e molto più regolare nelle serie femminili. Le curve derivanti dalla seriazione di una data lunghezza nei maschi erano assolutamente diverse da quelle derivanti dalla seriazione della stessa lunghezza nei gruppi femminili; e se si fondevano, davano origine a curve irregolari e pluricuspidali, qualunque fosse il numero dei dati.

Da ciò ben s'intende come si debba, prima di far deduzioni, indagare il valore e la portata non solo dei caratteri sessuali secondarî apparenti, ma anche di quelli che si scoprono coll'indagine statistica.

Nei diversi gruppi geografici di *S. vulgaris* da noi studiati, osservammo nelle misure assolute che le serie femminili presentano in media la lunghezza della coda e, conseguentemente, la lunghezza totale, di un pochino superiori, ma che per tutte le altre misure tanto esterne che interne, non vi è alcuna differenza rilevabile. Inoltre la variabilità di quelle due lunghezze, in cui si trova fra i due sessi la tenue differenza di media, è quasi uguale nei gruppi maschili e nei femminili, così che la fusione loro dà sempre origine ad una curva più regolare. Per le misure relative alla lunghezza totale dell'individuo, si osserva che le serie femminili hanno media un po' più elevata per la coda, un poco più bassa per la lunghezza e la larghezza del cranio e uguali per le altre grandezze misurate. Anche in questo caso vedemmo che le differenze delle medie sono sempre minime e che la variabilità è la stessa pei ♂ e per le ♀.

Diversa è la cosa per gli indici dei rapporti del cranio.

Per l'indice cranico infatti osservammo che le femmine hanno in ogni gruppo geografico medie inferiori (dato lo stesso numero d'osservazioni) a quelle dei maschi e che la variabilità di questo rapporto è sempre molto minore e molto più regolare nei gruppi femminili.

Nondimeno i campi di variazione si sovrappongono e le curve derivanti dalla fusione, non ostante la loro poca regolarità, tendono ad assumere la solita forma man mano che aumenta il numero degli individui d'ambo i sessi.

Pel rapporto fra la lunghezza del cranio e l'altezza della scatola cranica all'apertura auricolare accade circa lo stesso fenomeno, senonchè inversamente rispetto ai sessi; le femmine presentano infatti medie un po' superiori e la variabilità di questo rapporto è in esse maggiore e molto più irregolare che nei maschi (dato lo stesso numero di osservazioni).

Da tutto ciò risulta che negli *S. vulgaris* d'Italia l'unico carattere sessuale secondario degno di nota da noi riscontrato sta nel valore medio dei rapporti che corrono fra le misure del cranio, ed ancor più nella variabilità presentata da tali rapporti nella serie di ciascun sesso.

Risulta da ciò che *i caratteri sessuali secondari sono minimi in questa specie* e che essi possono essere stabiliti solo su serie d'esemplari.

Veniamo ora a vedere se è possibile stabilire un nesso fra le condizioni esteriori più evidenti e le variazioni osservate.

Per far ciò osserviamo prima le condizioni d'ambiente e le variazioni trovate negli scoiattoli di una stessa regione, cioè di uno stesso gruppo geografico.

La regione d'origine degli esemplari contenuti nel nostro primo gruppo geografico, è composta dal versante mediterraneo delle Alpi e delle Prealpi italiane. In essa regione troviamo nondimeno, secondo le diverse località, differenze assai evidenti di condizioni.

Per la temperatura ci basti pensare al clima freddissimo delle alte regioni boscose poste fra i 1500 e 1900 m. sul mare ed a quelle proporzionalmente temperate dei primi contrafforti delle prealpi; per l'altimetria troviamo dei boschi a quasi

2000 m. sul mare e degli altri a soli 500 o 300 m. sul mare; per l'umidità conosciamo delle valli strette e quasi sempre ombreggiate in località molto piovose, e dei versanti posti verso mezzogiorno sulla pianura continuamente battuti da sole e vento; nè minori sono le diversità che si possono riscontrare per la luce proporzionalmente molto diversa in un punto, tanto per intensità quanto per composizione, di quello che è in un altro.

Per la nutrizione, le diversità appaiono meno evidenti, ma nondimeno essa varia fra gli individui che vivono in boschi di conifere e quelli che abitano in boschi di alberi e foglie caduche.

Ebbene, io cercai di vedere se fra questi diversi agenti esterni e le variazioni osservate in ciascuna delle misure assolute e in ciascuno dei rapporti derivanti dagli scoiattoli alpini vi fosse un nesso di dipendenza. Nelle località più diverse per una o per più di una delle succitate condizioni io ho potuto trovare esemplari con misure e rapporti simili, mentre nella stessa valle, nello stesso bosco, dove tutte le osservazioni portavano a stabilire unità e stabilità di condizioni, ho quasi sempre trovati degli esemplari presentanti misure assolute e rapporti diversi e talvolta, per alcune misure, mi è accaduto che gli estremi della variabilità del gruppo derivassero dalla stessa località. E neppure le medie degli esemplari colti in ambienti dove si verificano certe condizioni, sono diverse da quelle derivanti da scoiattoli catturati in ambienti d'altro tipo.

Le regioni poi dalle quali derivano gli esemplari che riunii nel gruppo dell'Italia settentrionale e centrale, presentano differenze ancora più forti ed evidenti. Si pensi ai boschi dell'Alto Appennino Tosco-Emiliano posti sopra 1400 m. sul mare dove il clima è più freddo che in non poche località alpine, a quelli dei contrafforti appenninici che in Liguria scendono fin sul mare, dove la temperatura è sempre primaverile, e alle boscaglie che si stendono fin nel piano emiliano talvolta torrido. Ebbene, anche in questo caso io trovai nelle più diverse condizioni d'ambiente, le stesse variazioni mentre spesso mi fu dato osservare, tanto per le lunghezze assolute come pei diversi rapporti, che gli estremi della variabilità del gruppo si trovavano in ambienti assolutamente simili o addirittura riuniti in una stessa località.

Pei due altri gruppi, il Napoletano e il Calabrese, non potei avere notizie ben sicure intorno alle condizioni speciali delle località, da cui gli esemplari derivano e non posso quindi far deduzioni. Nondimeno dirò che dei Napoletani alcune delle misure fra loro più diverse derivano da due esemplari catturati entrambi ad Agnone.

Dopo lungo ricercare non mi è stato dunque *assolutamente possibile stabilire alcun nesso* fra le condizioni esteriori d'ambiente e le variazioni individuali riscontrate.

Il problema delle cause della variabilità individuale è uno dei più complessi, nè alcuno ha potuto per ora di esse cause stabilirne nè pur una. Certo si è che per gli animali superiori non si deve pensare solamente a quelle numerose cause che possono agire sull'individuo, tanto prima come dopo la sua nascita e alle numerosissime loro combinazioni, ma anche, e forse specialmente, alla possibilità che esistano in potenza negli individui, tendenze a reagire agli stimoli esterni in modi individualmente, ma ordinatamente diversi.

Senza stare a fare deduzioni teoriche generali su questi ultimi fatti da noi osservati, veniamo a indagare quale valore abbiano le differenze da noi riscontrate fra le medie delle misure dei gruppi geografici studiati.

Riassumendole brevemente diremo:

1° che le medie della lunghezza totale vanno gradatamente aumentando dal gruppo Alpino al Calabrese (compreso) e che l'aumento è più evidente negli esemplari di quest'ultimo;

2° che le medie delle misure assolute della coda si mantengono invariate in tutti quattro i gruppi, mentre le medie di tale misura, relativamente alla statura, vanno gradatamente diminuendo dal gruppo Alpino al Calabrese (compreso) e che la diminuzione è più sensibile in quest'ultimo;

3° che le medie della misura assoluta del piede posteriore vanno gradatamente aumentando dal gruppo Alpino al Calabrese (compreso), mentre le medie delle misure di questa stessa lunghezza, rispetto alla statura, vanno gradatamente diminuendo;

4° che le medie della lunghezza assoluta del cranio vanno gradatamente aumentando dal gruppo Alpino al Calabrese (compreso), mentre le relative alla statura vanno gradatamente diminuendo;

5° che le medie della larghezza assoluta del cranio si trovano invariate nei tre gruppi Alpino, Italia settentrionale e Centrale, e Napoletano, mentre quella del Calabrese è superiore, e che le medie delle misure relative alla statura, vanno gradatamente diminuendo dal gruppo Alpino al Napoletano (compreso), mentre nel Calabrese la media si trova superiore che nel gruppo limitrofo;

6° che le medie delle misure assolute dell'altezza della scatola cranica alla apertura auricolare vanno gradatamente aumentando dal gruppo Alpino al Napoletano (compreso), mentre nel Calabrese la media è inferiore a quella del gruppo limitrofo, e che le medie di queste stesse misure, relative alla statura, si mantengono invariate dal gruppo Alpino al Napoletano (compreso) mentre nel Calabrese essa media è molto inferiore;

7° che la media dell'indice cranico va gradatamente diminuendo dal gruppo Alpino al Napoletano (compreso), mentre nel Calabrese si trova superiore alla media di tutti gli altri;

8° che la media dell'indice dell'altezza del cranio all'apertura auricolare va gradatamente aumentando dal gruppo Alpino al Napoletano (compreso), mentre poi nel Calabrese si trova più bassa che in tutti i precedenti.

Che cosa risulta da tali osservazioni? Ci troviamo noi di fronte a tanti diversi centri di oscillazione individuale , distinti fra loro? O derivano queste medie regionali da una forma di variazione individuale in esse più comune, così che le stesse medie d'ogni regione oscillino intorno alla media centrale, seguendo le regole della fluttuazione? Le osservazioni prolungate ci hanno dimostrato che, non ostante queste diversità delle medie dei diversi gruppi geografici, pure tutti gli scoiattoli italiani riuniti variano per tutte le misure, tanto assolute quanto relative, intorno ad una media e che variano con evidente regolarità secondo la legge delle fluttuazioni. Infatti vedemmo come le 13 curve derivanti dal gruppo unico di tutti gli esemplari italiani

siano tutte monocuspidali e presentino sempre una classe di maggior frequenza vicina. se non coincidente, alla media aritmetica. Osserveremo nondimeno che queste curve (escluse quelle degli indici) sono più spesso irregolari verso destra, se derivano da misure assolute, e verso sinistra se derivano da misure relative alla lunghezza totale. Ciò viene quasi sempre dal fatto che gli esemplari Calabresi mostrano variazioni più evidenti, le quali non si lasciano ordinare secondo la curva perfetta della fluttuazione.

Dalle osservazioni sopra esposte intorno alle diverse medie di ciascun gruppo geografico appare che il variare di una data media nei diversi gruppi non sia casuale.

Se escludiamo infatti i pochi esemplari formanti il gruppo Calabrese, noi vediamo che le medie di tutte le misure, tanto assolute quanto relative (gl'indici compresi) variano gradatamente secondo una data direzione geografica.

Così nei tre gruppi, *vanno aumentando da nord a sud tutte le medie delle misure assolute*, esclusa la lunghezza della coda e la larghezza del cranio, che rimangono in tutti tre invariate.

Per questi gruppi *tutte le medie delle misure relative alla statura vanno diminuendo da nord a sud*, esclusa l'altezza del cranio che rimane invariata.

Gl'indici del cranio variano in senso inverso l'uno dall'altro *aumentando l'indice cranico gradatamente da nord a sud*, mentre *l'indice dell'altezza della scatola cranica va gradatamente diminuendo nella stessa direzione.*

Il valore di questa osservazione è, a mio avviso di grande portata; essa infatti mostra che le fluttuazioni individuali, oltre che oscillare intorno ad una media principale, oscillano anche, secondo la loro distanza da un punto di diffusione, intorno a delle medie secondarie, le quali sono perfettamente ordinate secondo una data regolarità. L'osservazione delle seriazioni e delle curve derivanti dalla riunione di questi tre gruppi in Italia, ci ha dimostrato come essi concorrano alla regolarità della fluttuazione generale, e come non siano affatto da ritenersi quali centri distinti di oscillazione individuale. Infatti l'aumento o la diminuzione delle medie è progressivo in una data direzione, senza che sia possibile stabilire un limite geografico; i gruppi geografici da noi posti sono puramente artificiali e se suddividessimo questi tre gruppi (si ricordi che non parliamo del Calabrese), in sei, troveremmo che le medie variano nello stesso modo e nella stessa direzione, ma diversificando molto meno ciascuna da quelle dei gruppi limitrofi.

Perchè diviene grado grado più evidente l'oscillazione in un dato senso man mano che si va da nord a sud o viceversa? Se non abbiamo potuto trovare alcun nesso fra nessuna delle variazioni individuali osservate e le più evidenti condizioni d'ambiente, quale legame sarà fra lo spostamento regolare della frequenza delle oscillazioni e la latitudine? (Dico latitudine perchè le diverse regioni da noi stabilite presentano talvolta località assolutamente simili per le altre condizioni, come in ciascuna di esse regioni si trovano ambienti diversissimi).

Le nostre osservazioni non solo non ci dànno modo di spiegare fatti così complessi, ma neppure una traccia per fabbricare ipotesi.

Certo si è che codesta regola, che speriamo verrà meglio stabilita da altri studî, fa intravvedere un campo vastissimo di ricerche intorno alle fluttuazioni.

Veniamo ora al gruppo più meridionale, al Calabrese, che per un momento avevamo scartato.

Osservammo già che spesso le variazioni degli esemplari Calabresi sono più evidenti di quelle riscontrate negli altri gruppi e che è proprio a loro che si devono attribuire certe irregolarità delle curve di tutti gli esemplari italiani. Vediamo ora che le medie delle misure degli scoiattoli di questo gruppo non seguono quasi mai la regola che abbiamo rintracciata fra quelle degli altri tre.

Infatti per le misure tanto assolute quanto relative della larghezza del cranio e dell'altezza della scatola cranica come per l'indice cranico e per l'indice dell'altezza del cranio, *le medie di questo gruppo meridionale si trovano spostate in senso opposto a quello seguito progressivamente da nord a sud dalle medie degli altri tre gruppi.*

È da notarsi inoltre che per alcune di queste lunghezze la variazione non solo è in senso opposto relativamente alla posizione geografica del gruppo, ma è così forte da originare la media più lontana e distinta dalla media centrale.

Per alcune altre lunghezze poi, come quella totale o quella della coda relativa alla statura, troviamo che in questo gruppo la media, pur presentando delle variazioni omologhe a quelle riscontrate andando da nord verso sud nelle medie degli altri gruppi, nondimeno si mostra molto diversa da quella dei gruppi limitrofi e talvolta anche da quella di tutti gli altri.

Dal complesso di questi fatti appare con evidenza che le modificazioni riscontrate tanto nelle misure assolute, quanto nelle relative degli esemplari Calabresi, non rientrano nel quadro delle variazioni individuali o fluttuazioni.

Nondimeno il coincidere di gran parte dei diversi campi di variazione, proprii alle lunghezze osservate in questo gruppo, con quelli osservati negli altri, e il non esser per qualche misura evidente il distacco degli esemplari calabresi da quelli confinanti, dimostra che gli scoiattoli della Calabria, pur diversificando dagli altri italiani per caratteri diversi e più forti dai caratteri presentati nelle fluttuazioni, ciononostante non sono da essi profondamente separati.

Dimostrato che gli esemplari calabresi presentano caratteri distintivi di maggiore entità in confronto a quelli delle fluttuazioni della specie, vien naturale di chiedersi quali cause possano aver prodotto questo fenomeno.

Ma a tale domanda non si trova certo modo di rispondere coll'osservare l'ambiente in cui vive lo scoiattolo Calabrese. Tutte le condizioni climatiche, igrometriche, d'altimetria, ecc. a cui sono esposti i boschi di conifere della regione silana, appaiono essere le stesse o quasi di quelle che si riscontrano sui monti dell'Abruzzo e dell'Alto Appennino Centrale.

Può darsi che esistano condizioni che sfuggono alle nostre osservazioni, ma forse è più probabile che le cause di quelle modificazioni che superano il valore di oscillazioni individuali, non siano da ricercarsi solamente fra gli agenti esteriori, le loro diverse combinazioni e le reazioni da loro prodotte.

Tutto quanto finora siamo venuti esponendo in questo capitolo, fu dedotto dalle misure e dai rapporti diversi del corpo; rimane quindi da osservare se le variazioni dell'abito ci portano alle stesse conclusioni. Per chi ha letto le conclusioni del capitolo XI in cui trattammo del colorito, sarà apparso evidente che quasi tutte le deduzioni tratte dalle misure assolute e relative *vengono riconfermate* dalla osservazione dell'abito e della sua variabilità.

Per quello che riguarda le fluttuazioni, bisogna osservare che mentre tutti i caratteri che possono esprimersi per mezzo di cifre, si prestano ad uno studio minuzioso e preciso, quelli invece che, come l'abito ed il suo colorito, non si possono ridurre a cifre, presentano molte difficoltà ad un siffatto genere di ricerca.

Nondimeno ci fu facile osservare che i caratteri dell'abito sono variabilissimi da individuo a individuo, ma che essi non variano con continuità ininterrotta e seguendo una regola evidente come le misure ed i rapporti di esse. Ciò ci porta a dire che, siccome i diversi caratteri del colorito nella stessa località sono frammisti e sono dovuti a pure modificazioni individuali e siccome queste modificazioni si mostrano diverse dalle fluttuazioni individuali studiate, così questi caratteri *instabili dell'abito appaiono irregolari e meno importanti degli altri i quali seguono la legge della fluttuazione.*

Osservammo poi per le modificazioni dell'abito le stesse cose che per le lunghezze e i loro rapporti, che cioè non esiste alcun nesso fra esse e il sesso dell'individuo e che non è stato possibile stabilire nessun legame fra le condizioni esteriori d'ambiente e il tipo delle variazioni.

Le medie delle misure variano in tre gruppi gradatamente da nord a sud, ma questa regola non si riscontra pel colorito, trovandosi quasi colla stessa proporzione le diverse forme nel gruppo Alpino e dell'Italia settentrionale e centrale; nel Napoletano vedemmo più alta la percentuale delle forme scure.

Ma un dato che coincide esattamente con le deduzioni fatte sulle misure assolute e relative, è quello della diversità maggiore degli scoiattoli calabresi.

Stabilimmo infatti che, mentre in tutte le altre parti d'Italia l'abito degli scoiattoli è variabilissimo, in Calabria invece è di un tipo *assolutamente* invariabile e che per di più esso è diverso da tutti quelli osservati negli altri esemplari.

I pochi confronti da noi stabiliti fra scoiattoli non italiani e il nostro materiale, e fra i dati esposti dagli autori intorno a forme estere e questo stesso nostro materiale, ci permettono di asserire *che la maggior parte delle modificazioni osservate in diversi paesi d'Europa, rientrano assolutamente nel campo delle variazioni fluttuanti* da noi osservato pel solo gruppo Alpino o in quello del gruppo dell'Italia settentrionale e centrale. Una sola delle numerose forme europee distinte dagli autori (*S. v. infuscatus*) presenta alcune misure che esorbitano, sebbene di pochissimo, dal campo di variazione osservato per gli scoiattoli italiani.

***

I problemi che uno studio statistico ci viene man mano ponendo innanzi sono così vasti, così profondi e così numerosi che non si può non capire quanta luce possa apportare alla conoscenza di molti fenomeni biologici, un siffatto metodo di ricerca.

Non è dallo studio della variabilità d'una sola specie animale e tanto più limitato ad una sola parte della sua area di distribuzione, che si può giungere a conclusioni generali di grande importanza; ma diversi studî simili coordinati fra loro potranno, crediamo, aprire molti orizzonti ancora sul problema delle leggi che regolano la variabilità e l'evoluzione.

BIBLIOGRAFIA

1. — 1876. Altum. « Forstzoologie », 2ª ediz., vol. I, pag. 75; Berlin. *S. v. fuscoater, nigrescens, alpinus, bruneus, graecus.*
2. — 1899. Barret-Hamilton. « Proceedings Zool. Soc. », London, pagg. 1-6 *S. v. rufus* ecc.
3. — 1857. Blasius J. H. « Die Naturgeschichte der Saugethiere Deutchlands ». Braunschweig.
4. — 1785. Boddaert P. « Elenchus animalium »; Rotterdam, vol. I.
5. — 1838. Bonaparte C. L. « Iconografia della fauna italica », vol. I. Roma, *S. v. italicus.*
6. — 1876-79. Brehm A. E. « Thierleben ». Tomo II, pag. 295. Leipzig.
7. — 1904. Broglio. « Alcune osservazioni sulla somatometria ». Pavia.
8. — 1905. Cabrera. Boll. Soc. Esp. de Historia Nat.. tomo IV, pagg. 223-231; *S. v. rufus,* sp. (?), *infuscatus, baeticus.*
9. — 1885. Camerano L. « Ricerche intorno alle specie italiane del Genere *Talpa* L. ». Mem. R. Acc. Scien. Torino, serie 2ª, vol. XXXVII.
10. — 1900. Id. « Lo studio quantitativo degli organismi, ecc. ». Att. R. Acc. Sc. Torino, vol. XXXV.
11. — 1901. Id. « La lunghezza base nel metodo somatometrico in Zoologia ». Boll. Mus. Zool. e Anat. comp. Torino, vol. XVI, num. 394.
12. — 1901. Id. « Lo studio quantivativo degli organismi e gli indici di variabilità, ecc. ». Boll. Mus. Zool. e Anat. comp. Torino, vol. XXVI, num. 405.
13. — 1903. Id. « Ricerche intorno alla *Talpa romana* O. Thomas ». Mem. R. Acc. Sc. Torino, serie 2ª, tomo XLIV.
14. — 1904. Id. « Ricerche intorno alla variazione del *Phyllodactylus europaeus* Gen. ». Boll. Mus. Zool. e Anat. comp. Torino, vol. XIX, num. 471.
15. — 1901. Cattaneo G. « I metodi somatometrici in Zoologia ». Riv. Sc. Biol., num. III, pag. 283
16. — 1908. Cavazza F. « Ricerche sui *Putorius nivalis* e sui *P. ermineus* d'Italia ». Bologna, Zanichelli.
17. — 1909. Id. « Studien über die in Italien vorkommenden Wieselarten der Untergattung Arctogale ». Zool. Anz., vol. XXXIV, nn. 18-19.
18. — 1910. Id. « Ancora sulle forme della *Loxia curvirostra* ». Boll. Soc. Zool. It., vol. X, fasc. 7-10.
19. — 1911. Id. « Dei Mustelidi Italiani ». Ann. Mus. Civ. Genova, serie 3ª, vol. V, pag. 170.
20. — 1912. Id. « Ricerche intorno alle specie italiane del genere *Crocidura* ». Boll. Mus. Zool. e Anat. comp. Un. Torino, vol. XXXVII, num. 653.
21. — 1867. Cornalia E. « Catalogo descrittivo dei Mammiferi osservati finora in Italia ». Vallardi, Milano.
22. — 1839. Costa O. G. « Fauna del Regno di Napoli. Mammiferi (roditori) ». Napoli.
23. — 1821. Cuvier Fr. « Histoire Naturelle des Mammiferes ». Tomo IV, pl. 23. Paris.
24. — 1886. Dalla Torre. « Die Säugethierfauna von Tirol und Voralberg ». Bericht. Naturwiss. u. Medicin Verein. Abhadlungen, pag. 103.
25. — 1904. Davenport. « Statistical metods withs special reference to biological variations ». 2 ed. New-York.

26. — 1910. De Beaux. « *Sciurus. v. varius* Kerr in Italien ». Zool. Anz. XXXV, nn. 24-25, pag. 777.

27. — 1822. Desmarest. Mammalogie, vol. II, pag. 543. *S. v. alpinus.*

28. — 1869. Fatio Ph. « Faune des Vertebrés de la Suisse. Mammiferes. Vol. I, pag. 162.

29. — 1905. Id. « *S. v. gothardi* ». Archiv Scien. phys. et nat., tomo XIX, pag. 512.

30. — 1911. Ghigi A. « Ricerche faunistiche e sistematiche sui Mammiferi d'Italia, ecc. ». Riv. Mens. Sc. Nat., vol. II.

31. — 1789. Gmelin. Syst. Nat. Ed. XIII, pag. 146.

32. — 1804 Hermann. « *S. v.* var. *cirenea* Obs. Zool., pag. 65.

33. — 1792. Kerr R. « The Animal Kingdom; *S. rufus, varius, leucurus* »; pagg. 254-256. London.

34. — 1776. Linneus C. « Systaema Naturae ». Ed. XII, tomo I, pag. 86.

35. — 1900. Livi R. « Antropometria ». Hoepli, Milano.

36. — 1909. Lucifero A. « Mammalia Calabra ». Rivista Ital. Sc. Nat., vol. XXVI, pag. 45. Siena. *S. v. meridionalis.*

37. — 1878. Lunel G. « Note sul l'écureiul commun et ses principales variété ». Archives de Sc. Phys. et Nat., num. 6. Genève.

38. — 1889. Martin R. et Rollinat R. « Catalogue des Mammiféres de la Brenne ». Mem. Soc. Zool. de France, tomo II, pag. 11.

39. — 1907. Miller G. S. Annals Natural History, num. XX, pagg. 420-428. *S. v. rutilans, russus, numantius, lileus.*

40. — 1908. Id. Ann. Nat. Hist. num. I, pag. 128.

41. — 1909. Id. Ann. Nat. Hist., num. III, pag. 418. *S. v. segurae.*

42. — 1912. Id. « Catalogue of the Mammals of Western Europe ». In the collection of the British Museum. London.

43. — 1908. Mottaz C. « Revision des espéces et sousespeces de Mammiféres suisse décrites par Fatio ». Bull. Soc. Zool. de Genève tomo I, fasc. 8°, pag. 170.

44. — 1890. Reuvens C. L. « Die Myoxidae oder Schläfer; Osteologie un Systematick ». P. W. M. Trap. Leiden.

45. — 1909. Schuster L. « Vom Eichhorn ». Zool. Beobach. V. pag. 107. Frankfurt a M.

46. — 1901. Sordelli. « Note su alcuni vertebrati del Museo Civico di Milano ». Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. XLIII.

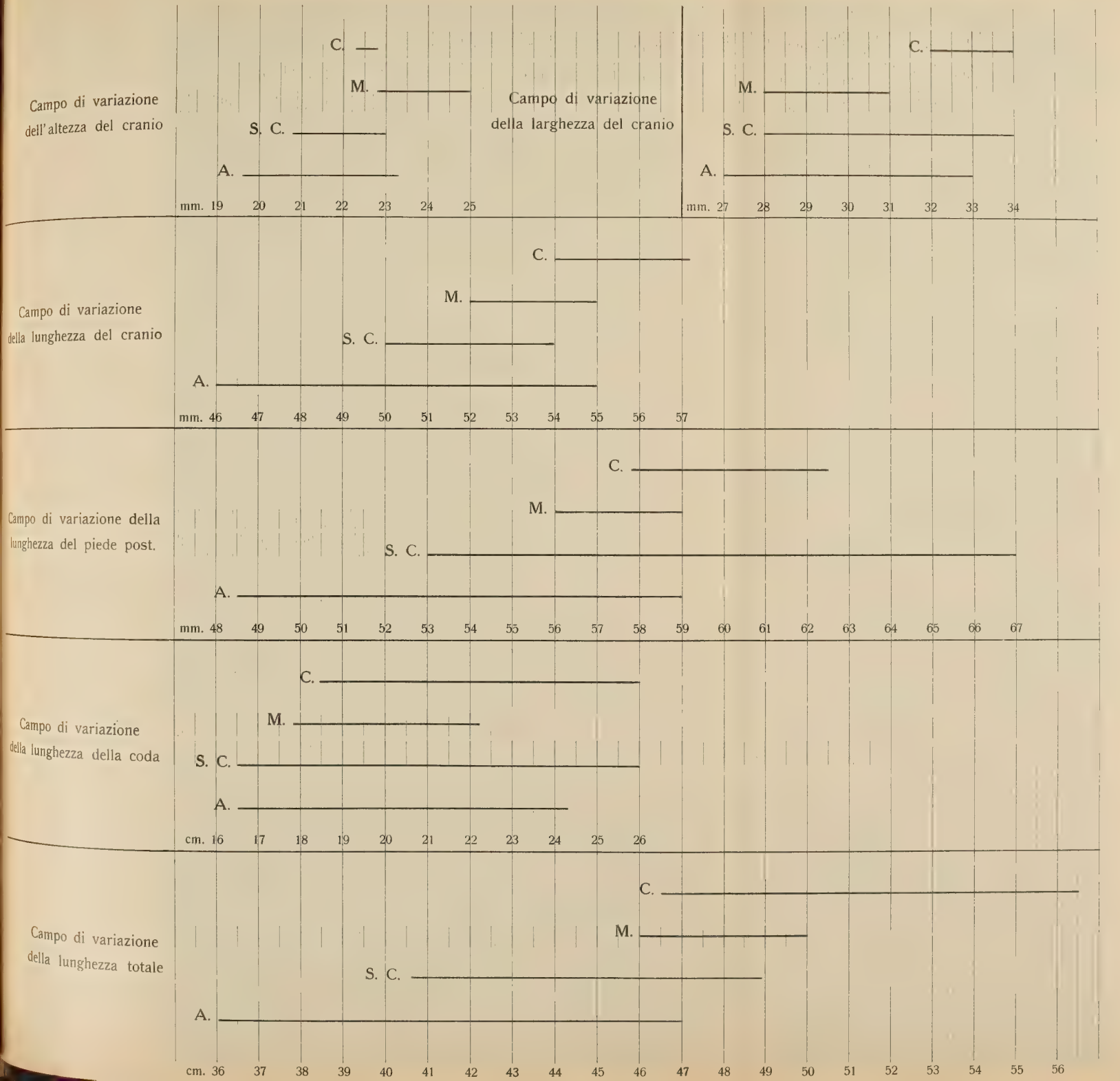
47. — 1896. Thomas O. « The Zoologist ». Vol. XX, pag. 402.

48 — 1906. Trouessart E. L. Bulletin du Mus. Nation. d'Hist. Nat. de Paris, pag. 360 e seg.

49. — 1910. Id. « Conspectus Mammalium Europae ». Friedländer e Sohn. Berlin.

Campo di variazione dell'altezza del cranio
Campo di variazione della lunghezza del cranio
Campo di variazione della lunghezza del piede post.
Campo di variazione della lunghezza della coda
Campo di variazione della lunghezza totale

TAVOLA DI CONFRONTO DEI DIVERSI CAMPI DI VARIAZIONE ASSOLUTI



RELAZIONE

letta nella seduta del 6 aprile 1913, a nome dei Soci O. Mattirolo e P. Baccarini, sulla Memoria dei proff. A. Béguinot e N. Belosersky, dal titolo: *Revisione monografica del genere Apocynum* Linn.

La Memoria dei sigg. Béguinot e Belosersky, che abbiamo esaminato per incarico dell'Accademia, è uno studio, specialmente fitogeografico, di quelle specie del genere *Apocynum*, che gli AA. hanno ottenuto da una ventina di Erbarii europei. Essa quindi costituisce una specie di monografia del Genere, la quale, anche nei limiti nei quali fu tenuta dagli AA., rappresenta un notevole ed interessante tentativo di disciplinare, secondo criterii morfologici, sussidiati da criterii anatomici e biologici, la seriazione di forme immensamente variabili nei loro organi vegetativi e specialmente nelle foglie.

Il lavoro di subordinazione e di coordinazione del materiale esaminato, proveniente da località differenti e quindi cresciuto sotto l'impero di condizioni edafiche e climatiche disparate, per quanto si può giudicare dalla sola lettura della Memoria, ci parve ben condotto, in specie per ciò che riguarda l'*Apocynum venetum* studiato dagli Autori direttamente « *sul vivo* » al lido di Venezia; e per quanto riflette anche l'*Apocynum cannabinum* e l'*Ap. androsaemifolium*, osservati sopra individui viventi nelle culture.

Non tutti si accorderanno cogli AA. in certi concetti di fitogeografia; ma devesi avvertire che, del resto, questi concetti corrispondono alle tendenze attualmente dominanti fra gli studiosi, e che vi vengono sostenuti in base ad un esame critico dei fatti di pregio molto notevole.

Minuziosamente condotta è la parte storico-bibliografica, seguìta da cenni, forse soverchiamente limitati, di morfologia interna ed esterna, i quali interessano precipuamente lo studio delle foglie *stenofille* e *platifille* e di quelle che presentano dei caratteri intermedî.

Questo capitolo, che però non racchiude gran che di notevole e di nuovo, rappresenta però una utile introduzione alla parte speciale.

Molto accurato è pure lo studio della distribuzione geografica dei rappresentanti del genere *Apocynum*.

Segue quindi la parte speciale, ossia la *Enumerazione ed illustrazione sistematica delle specie*, in merito alla quale non possiamo entrare, non avendo avuto a disposizione nostra gli esemplari stessi delle piante.

Dall'attento esame compiuto, ci pare di potere affermare che il lavoro è condotto con ponderazione, con diligente attenzione, cosicchè crediamo che i risultati ottenuti debbano corrispondere ai metodi adoperati.

17 sono le specie descritte, di cui *tre* nuove per la scienza. Per quanto ha riguardo al *testo* della Memoria, crediamo che esso sia senz'altro da accogliersi nelle Memorie Accademiche per la pubblicazione; mentre per ciò che invece si riferisce alle Tavole, che nel numero di *21* accompagnano il testo, noi ci riferiamo a quanto eventualmente vorrà disporre il Consiglio d'Amministrazione (art. 26 dello Statuto). Certo è che le tavole sarebbero utilissime per la illustrazione del testo, e alcune di esse sarebbero anzi indispensabili: ma è pur vero che esse si potrebbero ridurre nel numero o pubblicare in altro modo, riducendo nello stesso tempo la spesa.

Avvertenza. — La presente relazione era stata già scritta ed approvata, allorquando gli Autori della monografia ebbero in comunicazione i materiali degli Erbari di Pietroburgo e Tiflis e quelli eccezionalmente ricchi del Museo Nazionale degli Stati Uniti di Washington. Ciò consigliò gli A. a riprendere ed approfondire le questioni trattate nella parte generale coordinandone i risultati a quelli già ottenuti ed a completare la parte speciale in seguito all'esame di tutte le specie e varietà sin quì descritte e di cui hanno potuto controllare i rispettivi autotipi e precisare meglio l'area distributiva, come del resto è dichiarato nella prefazione. Le entità considerate al rango di specie sommano a 26 delle quali 4 proposte come nuove per la scienza. (*Nota aggiunta dagli Autori durante la stampa*).

Revisione monografica del Gen. Apocynum L.
Studio biologico e sistematico.

Memoria di A. BÉGUINOT ed N. BELOSERSKY.

PREFAZIONE

Occasione ed incitamento al presente lavoro fu lo studio abbastanza esauriente da noi fatto su una specie del genere, l'*Apocynum venetum*, vivente in parecchi punti del littorale Friulano, Veneziano (donde fu scoperta tre secoli or sono) e del Polesine. È una tipica psammofila delle dune e delle arene di spiaggia con spiccati adattamenti alla vita arenicola, tra cui la presenza di gemme in radici notevolmente approfondite sotto la coltre sabbiosa, facilmente frantumabili, ed atte a riprodurre agamicamente la pianta, che, vegetando in dense colonie, concorre a fissare la duna. Le stazioni venete si riccollegano con quelle del litorale Goriziano e Triestino, laddove dalla destra del Po di Levante al Gargano e dai dintorni di Trieste alla costa montenegrino-albanese incombono due soluzioni di continuità lungo ambedue le sponde adriatiche.

La stazione garganica (dove, del resto, non fu di recente ritrovato) è unica, laddove la sua area dalla Balcania verso Oriente è estesissima, giungendo, attraverso l'Asia, fino alla Cina. In quali rapporti morfologici, biologici e sistematici trovasi la pianta arenicola con quella steppica? Ha dato luogo, attraverso il suo vasto dominio di espansione, ad entità diverse, e quale il loro esatto valore sistematico? Ma l'area distributiva del nostro genere non è limitata solo ai territorî euro-asiatici: qualche specie nord-americana era nota prima di Linné e due di esse vennero consacrate alla scienza, sotto il nome di *A. androsaemifolium* e di *A. cannabinum*, dal grande botanico. Alle due venne aggiungendosi qualche altra (es. *A. hypericifolium* Ait.), allorquando le numerose ed incessanti esplorazioni botaniche cui l'America del Nord andò incontro nell'ultimo ventennio, misero in possesso dei botanici un prezioso materiale.

Lo studio di questo, fatto specialmente dai botanici del Museo Nazionale di Washington, alla cui testa è da porre il Greene, accrebbe notevolmente il numero delle

specie, che raggiunse l'ottantina. Si tratta di tipi o viventi in condizioni analoghe agli euro-asiatici (quelli, ad esempio, che vegetano lungo i corsi di acqua, nelle dune sabbiose del littorale o dei bacini lacustri) od in stazioni più o meno riparate dalla diretta insolazione e quindi sotto l'influenza di fattori morfogeni notevolmente diversi. Quale è il fondo comune, il substrato ancestrale dei due grandi *phylum*. e come sui caratteri di organizzazione si sono venuti stratificando e sovrapponendo quelli di adattamento ad uno stesso ambiente o ad ambienti diversi? Il confronto fra numerose specie, tutte quelle sin qui scoperte, e su numerosi individui di ciascuna specie, ha condotto, tra molte difficoltà e con non pochi dubbî, ad una discriminazione delle due categorie di caratteri, che amiamo di credere non priva d'importanza. Ha condotto pure a riconoscere nel seno di ciascuna specie una fluttuazione incomparabilmente più ampia di quanto i botanici nord-americani hanno ammesso, e quindi ci ha costretto ad un lavorìo di subordinazione, che è uno dei risultati cui maggiormente teniamo: che anzi dobbiamo sin da ora dichiarare che, in possesso di tutti o quasi tutti gli anelli della mirabilmente vasta quanto intricata catena di forme, il concetto di specie, quale è caldeggiato da alcuni botanici che incondizionatamente giurano sulla reale esistenza di questa, esula in gran parte dai *phylum* nord-americani, facendo balenare l'idea se non per caso ci si trovi in presenza di pochi tipi, cui tutti gli altri devono andare ricondotti. Affacciamo, cioè, il dubbio di ulteriori riduzioni che potrebbe apportare quel botanico che avesse la fortuna e l'agio di studiare il gruppo in natura e sottoporlo ad una larga riprova culturale. Quel che certo si è che il problema della delimitazione e circoscrizione della specie si appalesa irto di difficoltà in considerazione anche che, a nostro giudizio, non sono rare le forme ibride, tendenti a chiudere cicli, che a prima vista potrebbero considerarsi come ben costituiti.

Avendo avuto a nostra disposizione forse il più ricco materiale di cui uno studioso abbia sin qui disposto, le nostre ricerche non furono vòlte solo alla parte sistematica, ma curarono d'approfondire qualche problema di morfologia e biologia comparata, specialmente in rapporto alla genetica dei caratteri e cioè all'affacciarsi, esaltarsi ed estinguersi di questo o quel carattere indipendentemente dal suo impiego pratico. La foglia ed i suoi accidenti di forma e di struttura ci han fornito, come si vedrà nella parte generale, il materiale di gran lunga più prezioso e, in secondo luogo, l'architettonica fiorale, quantunque essa sia improntata ad una monotonia, in qualche gruppo, veramente scoraggiante.

Come dicemmo, una delle specie del genere, l'*A. venetum*, fu studiato in natura ed in coltura, ed in questa seconda condizione potemmo allevare da semi ricevuti dagli Orti botanici di Roma e di Michigan forme diverse di *A. cannabinum*, le quali perciò furono seguìte nelle varie fasi del loro sviluppo.

Tutto il resto è basato sullo studio fatto nelle seguenti collezioni poste cortesemente a nostra disposizione:

Erbario dell'Orto botanico di Pietroburgo [Hb. Pb.].
» Caucasico dell'Orto botanico di Tiflis [Hb. Tf.].
» del Museo botanico di Berlino [Hb. Br.].

Erbario del Museo botanico di Vienna:
a) Erbario generale [Hb. Wg.];
b) » Keck [Hb. W. Kc.];
c) » Kerner [Hb. W. Kr.].
» del Museo nazionale ungarico di Budapest [Hb. Bp.].
» » di Storia naturale di Parigi (p. p.) [Hb. Pr.].
» dell'Istituto botanico di Genova [Hb. Gn.].
» » » di Modena [Hb. Mt.].
» » » di Padova [Hb. Pt.].
» » » di Pisa [Hb. Ps.].
» del Museo botanico di Firenze:
a) Erbario centrale italico [Hb. c. Fl.];
b) » » esterno [Hb. c. ext. Fl.];
c) » Webb [Hb. Web.];
d) » Biondi [Hb. Biondi].
» dell'Istituto botanico di Roma:
a) Erbario generale [Hb. Rm. g.].
b) » Cesati [Hb. Ces.].
» dell'Istituto botanico di Palermo [Hb. Pn.].
» del Museo nazionale di Washington:
a) Erbario generale degli Stati Uniti [Hb. U. S.].
b) » Greene [Hb. Gr.].
» privato di S. Sommier, Firenze [Hb. Somm.].
» » di U. Martelli, Firenze [Hb. Mart.].
» » di Degen von Arpad, Budapest [Hb. Deg.].

Delle collezioni sopra citate, la più ricca ed istruttiva per le specie americane del genere è, senza dubbio, quella trasmessaci dal Museo Nazionale degli Stati Uniti di Washington e che comprende l'Erbario Nazionale e quello del Greene: complessivamente forti di circa 600 numeri e di quasi tutti gli autotipi delle numerose specie stabilite dal Greene, Miller, Gooding, Mac Gregor, Britton, ecc. Alla cortesia del Greene dobbiamo il generoso invìo dei periodici « Pittonia », « Erithea », ecc., e di memorie dove trovansi diagnosticate e che invano ricercammo nelle biblioteche degli Istituti botanici d'Italia. Vada all'illustre fitografo americano, certamente il più competente conoscitore del genere, l'espressione della nostra gratitudine. Importante materiale di provenienza asiatica trovammo specialmente negli Erbarî dei Musei botanici di Berlino, Vienna, Budapest, Pietroburgo e Tiflis, ai cui direttori esprimiamo i più devoti ringraziamenti.

Qualche dato bibliografico ci fu pure comunicato dai colleghi P. Danguy del Museo di storia naturale di Parigi, dal dott. Er. Janchen di Vienna, da R. Buser di Ginevra, da W. A. Murrill dell'Orto botanico di New York, e da qualche altro di cui qui ci sfugge il nome. Un particolare ringraziamento sentiamo di dover esprimere al prof. R. Pirotta per l'interessamento dimostrato alla stampa della monografia. Essa fu eseguita nel Laboratorio dell'Istituto Botanico della R. Università di Padova ed al suo direttore, il prof. P. A. Saccardo, vadano i sensi del nostro grato animo.

Del presente lavoro la parte generale e le specie euro-asiatiche furono elaborate dal primo di noi; quelle nord-americane più specialmente dal secondo.

CENNI STORICO-BIBLIOGRAFICI

Apocynum è un nome già adoperato da Dioscoride (*Ἀπόκυνον*) e da Plinio e Galeno (*Apocynum*) per designare una pianta della famiglia delle *Asclepiadacee* (= *Cynanchum erectum* L. = *Marsdenia erecta* R. Br.) distribuita dalla Grecia all'Asia Minore e Persia, alla quale erano attribuite virtù medicinali e proprietà venefiche, tra cui quelle di uccidere cani (donde il nome) ed altri quadrupedi [1]. La designa, descrive ed illustra, sotto il nome di *Apocino* ed *Apocynum*, il nostro Mattioli nei suoi « Discorsi », e crediamo sia questa la prima opera italiana dove è così denominato (1544, 1554, ecc.). Sotto il nome di *Titimalo Characia, Costo, Tragio primo di Diosc.*, Michiel [2] ha dato la prima indicazione della specie crescente nel Lido Veneto: indicazione rimasta inedita nel suo Codice-Erbario conservato nella Biblioteca Marciana di Venezia, e solo in parte illustrato negli ultimi tempi. La prima dettagliata diagnosi, sotto il nome di « Esula rara in Lio Venetorum insula », si trova nell'opera di « Pena e Lobelio » (*Nova stirp. adv.*, pag. 160) la cui prima edizione vide la luce nel 1571 (come appare dalla sinonimia). In seguito fu ridescritta come nuova dal Donati, pure sotto il nome di « Esula rara nostra floribus purpurascentibus », in un raro opuscolo botanico-farmaceutico che vide la luce nel 1631 [3].

L'*Esula rara*, diagnosticata da Lobelio e Donati, è riferita da Bauhin (*Pin. Th. bot.*, pag. 291) a *Tithymalus*, val quanto dire al gen. *Euphorbia*, mentre i quattro *Apocynum* dell'A. corrispondono a *Cynanchum erectum* L., *Periploca graeca* L., *Asclepias syriaca* L.; laddove un quarto, che non ci fu possibile di identificare, non è certo una *Apocinacea*. Nel frattempo, a merito del Morison, Plukenet, Burmann,

[1] Il Bartolozzi, che ebbe la pazienza di rintracciare il significato della parola *Apocino* presso gli antichi, giunse alla conclusione che in esso si comprendevano una specie del genere *Cynanchum* e l'*Asclepias syriaca*, ambedue stabilite da Linné. Il quale, quindi, attribuì il nome di *Apocino* ad un genere non corrispondente alla pianta, o meglio, alle piante cui gli antichi ascrivevano la terribile virtù di cui sopra è parola. Attribuzioni più esatte vennero fatte da botanici prelinneani, tra cui il Cornuto (*Canadensium plantarum historia*, Parisiis, 1635), che aveva chiamato l'*Asclepias syriaca* col nome di « Apocynum maius syriacum rectum ». Cfr. Memoria del signor dott. Francesco Bartolozzi: *Sopra le qualità che hanno i fiori della pianta detta « Apocynum androsaemifolium » di prender le mosche*, ecc., in « Opusc. scelt. sulle scienze e sulle arti », Milano, tom. II (1779), pag. 293.

[2] Codice-Erbario, *Libro Verde*, c. 108 (sec. com. epist. del prof. E. de Toni).

[3] A. Donati, *Trattato de Semplici, Pietre, et Pesci Marini, che nascono nel lito di Venetia*, ecc In Venezia, 1631, pag. 39.

Rumphius, Boccone e qualche altro, erano descritte e riferite al gen. *Apocynum* parecchie entità, specialmente americane ed indiane, qualcuna delle quali, come appare dalla sinonimia addotta a suo luogo, resta nell'attualità quale elemento del genere, come è inteso dai moderni.

Di Antonio Donati. Libro Primo.

ESVLA RARA NOSTRA FLORIBVS

Purpurafcentibus.

Fig. 1. — Dal libro di A. Donati, *Trattato de Semplici* ecc., pag. 39.

Un'esposizione dello stato delle conoscenze fino al primo ventennio del sec. XVIII è data dal Tournefort (*Inst. Rei Herb.*, ed. 3ª, pp. 91-94) che riunisce, definendole e circoscrivendole, le entità acquisite alla scienza sotto i gen. *Apocynum*, *Periploca* ed *Asclepias*, appartenenti alla 5ª sezione della 1ª classe: « De herbis et suffruticibus flore monopetalo, campaniformi ». L' *Esula rara* di Lobelio e Donati, e cioè il Linneano *Ap. venetum*, comparisce per la prima volta sotto il gen. *Apocynum*: genere però dal Tournefort male inteso e costituito e che quindi mantiene quella eterogeneità che già possedeva negli autori antecedenti.

Da Tournefort in qua, le più importanti date sulle scoperte sistematiche sono le seguenti:

1735 e **1737**. Sono le date della fondazione del gen. *Apocynum* ad opera di Linné, la prima riferentesi alla prima edizione del « Systema Naturae » e la seconda alla prima edizione dei « Genera plantarum ».

1753. Data di fondazione nella nomenclatura binomica di 5 specie riferite al genere da Linné (*Sp. pl.*, pag. 213), cioè *A. androsaemifolium*, *cannabinum*, *venetum*, *frutescens* e *reticulatum*, tutte già note e descritte prima del 1753 come appare dai sinonimi e dagli *habitat* che l'A. riporta. Il genere è posto nella « Pentandria digynia » accanto a *Periploca*, *Cynanchum* ed *Asclepias*, e quindi accanto ad elementi di affini famiglie (*Periplocacee* ed *Asclepiadacee*). Delle 5 specie, le tre prime restano a costituire, insieme con quelle descritte in seguito, il gen. *Apocynum*: delle ultime due, *A. frutescens* è riferito in seguito ad *Ichnocarpus frutescens* ed *A. reticulatum* è una specie dubbia probabilmente appartenente ad un altro genere.

1774. S. G. Gmelin (*Reise durch Russland zur Untersuchung der drei Naturreiche*. Petersburg, vol. III, pp. 198 e 257) descrive un *A. syriacum*, generalmente riferito al ciclo di *A. venetum*: ma il lavoro originale non fu da noi consultato.

È da notare che l'« Index Kewensis » lo fa sinonimo di *Calotropis procera* che è pianta del Perù, Africa boreale e tropicale ed Indie orientali: ma ciò devesi evidentemente ad una svista.

1776. N. J. Jacquin (*Hortus botanicus Vindobonensis*. Vindobonae, III, pag. 37, tab. 66) descrive e figura *A. sibiricum* su pianta coltivata nell'Orto botanico di Vienna e che dal nome si dovrebbe dedurre (e molti botanici lo ammisero) di provenienza siberiana. Essa è invece pianta americana descritta in seguito sotto il nome di *A. hypericifolium* Ait., che le manteniamo.

1789. W. Aiton (*Hortus Kewensis*, London, vol. I, pag. 304) descrive *A. hypericifolium* del Nord-America coltivato nel 1758 da P. Miller: capostipite di una stirpe o ciclo poco noto ai botanici americani.

1794. C. Moench (*Methodus plantas horti botanici et agri Marburgensis a staminum situ describendi*. Marburgi Cattorum, pag. 464) stabilisce *A. muscipulum* ed *A. compressum*, corrispondente il primo ad *A. androsaemifolium* L. ed il secondo ad *A. venetum* L. che l'autore riporta in sinonimia: cambiamenti di nomi del tutto arbitrarî, avvertendo però che per il secondo è pure ripetuto il sinonimo di Morison « Apoc. canadense ramosum, flore e viridi albicante, siliqua tenuissima », che è *A. cannabinum* L.

1808-1810. È la data (precisamente il 1809) della fondazione della famiglia delle *Apocinacee* a merito di Roberto Brown che ne fece oggetto di una dettagliata Memoria inserita nel volume delle « Memoirs of the Wernerian nat. hist. Society ». Allo stesso Brown si deve la descrizione di una nuova specie del Nord-America e cioè *A. pubescens* Mitchell (in Hb. Banks) che noi riferiamo a varietà di *A. cannabinum*, mentre su dati a lui consegnati dal Pallas comparisce un *A. sibiricum* che nulla ha da fare con l'omonimo di Jacquin e che rientra nel ciclo di *A. venetum* L.

1836. J. F. Tausch (*Botanische Beobachtungen* in « Flora » XIX, parte 2ª, pag. 385) descrive un *A. purpureum* coltivato nell'Orto botanico d'Amburgo sotto il nome di *A. venetum*, ma che ritiene specie americana non descritta. L'esemplare coltivato nell'Orto botanico di Praga, che vedemmo nell'Erbario Genovese, proveniente dall'Erbario di Willkomm, sotto il nome di *A. purpureum* Tausch, corrisponde all'*A. venetum* var. *ellipticifolium* Nob.

1844. A. de Candolle pubblica in questo anno una « Mémoire sur la famille des Apocynacées » inserita negli « Annales des sciences naturelles, pp. 235-263 » e che, nella sua brevità, è uno dei lavori più importanti comparsi sulla Famiglia, di cui delinea l'organografia, ne stabilisce le partizioni e ne ricerca le affinità con le vicine famiglie (*Asclepiadacee*, *Rubiacee*, *Loganiacee* e *Gentianacee*). Nello stesso anno vide la luce la Monografia della Famiglia nel vol. VIII, pag. 439, del « Prodromus ». Il gen. *Apocynum* vi è rappresentato da quattro specie, cioè: *A. androsaemifolium* L. con un *β. incanum* DC.; *A. cannabinum* L. con un *α. glaberrimum* DC. e *β. pubescens*; *A. hypericifolium* Ait. ed *A. venetum* L. L'A. pone all'indice parecchie specie erroneamente riferite a questo genere.

1844. Schrenk, in « Bull. phys.-math. Acad. St.-Pétersbourg, II, pag. 115 », descrive per la Songaria *A. pictum*. Non potemmo vedere la diagnosi originale che, del resto, è riportata dal Ledebour (*Fl. ross.*, vol. III, pag. 43) che lo tiene quale specie a sè. Fummo fortunati di poter esaminare gli autotipi negli Erbarî di Pietroburgo, Berlino e Parigi, e quindi abbiamo potuto farci un concetto esatto di questa interessante specie, capostipite di una stirpe asiatica molto interessante.

1855. H. G. Reichenbach (*Icones Florae Germanicae et Helveticae*. Lipsiae, vol. XVII, pag. 16) stabilisce un *β. latifolium* a spese di *A. venetum*, che noi manteniamo, avvertendo che l'ovario in nulla differisce dal tipo.

1873. Hooker, nell'opera di Henderson e Hume « Lahore to Jarkand, pag. 327 », descrive per il Turkestan *A. Hendersonii*. La diagnosi originale, non avendo noi potuto consultare la rara opera citata, ci fu comunicata dal dott. P. Danguy del Museo di storia naturale di Parigi e ne deduciamo, come pure dall'ispezione degli autotipi conservati nell'Erbario dell'Orto botanico di Pietroburgo, che si tratta di specie di primo ordine e che, perciò, manteniamo.

1888. Garcin, sotto il titolo di « Recherches sur les Apocynacées » [in Ann. Soc. Bot. de Lyon, XV, pag. 198 (1887)], pubblica un lavoro dedicato specialmente a far risaltare i caratteri anatomici in rapporto con gli usi terapeutici ed industriali. Ma importanti notizie sono pure date sull'organografia della Famiglia e sulle sue affinità, e credemmo perciò di dovere qui ricordarlo.

1888. In questo anno il Baillon, nel lavoro « Types nouveaux d'Apocynacées » (in Bull. Soc. Linn., Paris [1888], vol. I, pag. 757), e di nuovo nell'« Histoire des plantes, vol. X (1891), pag. 208 », fonda su *A. pictum* Schrenk. un nuovo genere, che denomina *Poacynum*: genere accettato di recente anche dallo Schumann (in Engler e Prantl *Natur. Pflanzenfam.* [1895], vol. IV, parte I, pag. 179). Che questo genere non abbia alcuna consistenza e ragione di esistere ha riconosciuto il Danguy ed a questa opinione, per le ragioni che saranno dette a suo luogo, abbiamo acceduto anche noi; tanto più che potemmo esaminare nell'Erbario del Museo di storia

naturale di Parigi gli stessi saggi di Schrenck che servirono al Baillon per la sua arbitraria creazione generica.

1893. B. D. Jackson, *Index Kewensis plantarum phanerogamarum.* Oxonii, pag. 164. — In quest'opera, oltre le specie mantenute e passate in sinonimia, di cui sopra è parola, ed altri sinonimi da riferirsi a generi diversi, sono conservate sotto il gen. *Apocynum* le seguenti altre: *A. africanum* Lour. (Zanzibar), *A. agglomeratum* Poir. (S. Domingo), *A. bursiflorum* Noronh. (Malaga), *A. canariense* Lam. (Canarie), *A. cotonifolium* Lam. (Java), *A. nervosum* Mill. (Vera Crux), *A. odoratissimum* Lour. (Malaya), *A. reticulatum* L. (Indie orientali), *A. salicifolium* Willd. (S. Domingo), *A. soleare* Noron. (Malaya), *A. stellatum* Noron. (Malaya), *A. villosum* Mill. (Vera Crux), *A. vincaefolium* Burn. (Indie orientali).

Consultate le opere dove sono descritte, e per parecchie specie gli esemplari e figure, e tenuto conto degli apprezzamenti dati dai botanici che si occuparono di flore dove queste specie vegetano e della distribuzione geografica del genere, che comprende l'Asia centrale e l'Europa orientale da una parte e l'America settentrionale dall'altra, si arriva alla conclusione che non si tratta di elementi del genere, quale è inteso dai moderni, restandoci inesplicati i criterî che hanno condotto i compilatori dell'opera a riferirvele contro autorevoli opinioni di tanti botanici!

Nei Supplementi vi sono riportate buona parte delle specie descritte negli ultimi anni.

1893. E. L. Greene, *Novitates occidentales.* IV, in Jepson's « Erythea », vol. I, n. 7 (VII, 1893), pag. 151, descrive *A. floribundum* che confronta e differenzia da *A. cannabinum* e che per noi è varietà di *A. lividum.*

1893-1894. M. Sessé et J. M. Mociño, *Plantae Novae Hispaniae.* Ed. sec., Mexico (1893), pag. 39; Id., *Flora Mexicana.* Ed. sec., Mexico (1894), pag. 71. — Nella prima opera sono proposte, come nuove, quattro specie (*A. mexicanum, A. proliferum, A. cordifolium* ed *A. angustifolium*) e, nella seconda, altre due (*A. imbricatum* ed *A. fimbriatum*) che, come si rileva dal semplice esame delle diagnosi (i fusti sono descritti volubili!), sono elementi di altri generi della Famiglia e magari delle Asclepiadacee, senza poi dire che noi non vedemmo alcun vero *Apocynum* dei paesi illustrati dalle due flore. Le quali, perciò, per quanto ha riguardo al nostro soggetto, sono redatte con i criterî di un secolo e mezzo fa!

1894. Lo stesso Greene, *Manual of the Bay-Region Botany.* San Francisco, pag. 240, come specie a sè descrive *A. pumilum* che già Gray (*Syn. Flor. of North-America*, vol. II, part. 1ª, pag. 82) aveva distinto come varietà di *A. androsaemifolium*, avvertendo sin da ora che noi riteniamo pel tipo la forma glabra, che sembra essere la più comune. Specie strettamente alleata ad *A. androsaemifolium*, cui confluisce, ma che noi manteniamo. L'A. vi descrive pure l'*A. vestitum* del gruppo di *A. medium.*

1897. Id., *New or Noterworthy species.* XIX, in Greene's « Pittonia », vol. III, part. 17ª (settembre-dicembre 1897), pag. 229. — Vi descrive due nuove specie, e cioè *A. medium* ed *A. album.* Manteniamo il primo, che per noi è il capostipite di una interessante stirpe intermedia fra *A. androsaemifolium* ed *A. cannabinum*: riferiamo il secondo a varietà di *A. cannabinum*, una entità angustifogliare già intravveduta da De Candolle (var. glaberrimum p. p.).

1899. G. S. Miller, *The Dogbanes of the District of Columbia* in « Proceeding of the Biol. Soc. of Washington », vol. XIII, pag. 79. — L'A., dopo aver passato in rassegna le tre forme di *Apocynum* descritte dai botanici per l'America orientale e dopo aver accettate come specie a sè le due recenti creazioni del Greene, e cioè *A. medium* ed *A. album,* ne descrive altre tre, e cioè *A. urceolifer*, *A. nemorale*, *A. speciosum.* In base alla revisione da noi fatta, il primo è sinonimo di *A. medium*; manteniamo il secondo nella stirpe di *A. cannabinum* ed il terzo in quella di *A. medium.*

1901. N. Britton, *Manual of the flora of Northern States and Canada*, New-York, pag. 739. Vi descrive *A. Milleri* (= *A. medium* Mill. non Greene) di cui vedemmo un esemplare nell'Erbario nazionale degli Stati Uniti, che venne da noi ricondotto a varietà di *A. pumilum.*

1901. E. L. Greene, *Plantae Bakerianae,* vol. III, fasc. I, pag. 17 (18 novembre 1901). Vi è diagnosticato sommariamente come specie a sè *A. ambigens* ritenuto intermediario tra *A. androsaemifolium* ed *A. pumilum* e tale è pure da noi considerato. Nella stessa opera è anche brevemente descritta una seconda specie e cioè *A. lividum*, da noi ascritta alla stirpe di *A. medium.*

1902. Id., *New species of Apocynum*, in « Pittonia », vol. V (1902-05), part. 26ª (settembre-novembre, 1902), pag. 64. — L'A. descrive cinque specie, quattro ritenute del gruppo dei « cannabinum », cioè *A. salignum*, *A. Suksdorfii*, *A. oblongum*, *A. laurinum*, e una *A. rhomboideum* del gruppo « androsaemifolium ». I primi tre li riducemmo a varietà di *A. hypericifolium*; il quarto manteniamo come specie a sè; il quinto come varietà di *A. pumilum.*

1904. Id., *Seven New Apocynum* in « Leaflets of botanical observations and criticism », vol. I (1903-06), pag. 56 (25 agosto 1904). — Contiene le diagnosi di sette nuove specie: la prima, *A. Andrewsii,* da noi ricondotta a varietà di *A. androsaemifolium*; la seconda, *A. divergens*, a sinonimo della s. c.; la terza, *A. myrianthum*, a varietà di *A. hypericifolium*; la quarta, *A. calophyllum*, a varietà di *A. pumilum*; la quinta, cioè *A. tomentellum*, pure a varietà di *A. pumilum*, ed è in ogni parte (fusto e foglie) ricoperta di densa peluria; la sesta e settima, cioè *A. oliganthum* ed *A. palustre*, vennero infine da noi ascritte quali due varietà di *A. cannabinum.*

1904. Id., *New plants froms Middle California*, in « loc. cit. » (24 settembre 1904), pag. 79. Descrive *A. cardiophyllum* che venne da noi sinonimizzato con *A. pumilum α. typicum.*

1904. L. N. Godding, *Soutwestern Plants*, in « The Botanical Gazette », vol. XXXVII (gennaio 1904), pag. 57. — L'A. vi diagnostica una nuova specie della Sierra Nevada, sotto il nome di *A. nevadense*, che noi ritenemmo quale varietà latifogliare di *A. hypericifolium.*

1906. Ch. V. Piper, *Flora of the State of Washington*, in « Contributions from the United States National Herbarium », vol. XI, pag. 453. — L'A. vi descrive una nuova varietà tomentosa di *A. androsaemifolium*, e cioè la var. detonsum, che è per noi sinonimo di *A. pumilum* var. *tomentellum* (Greene) Nob., ed una nuova specie, e cioè *A. ciliolatum* del gruppo di *A. cannabinum*, ma da noi invece riferita al gruppo di *A. medium.*

1910. E. Mac Gregor, *Two new seedplants from the Lake Tahoe region*, California, in « Bull. of the Torrey botanical Club », vol. XXXVII, n. 5, pag. 261. — Descrive e figura una nuova specie, e cioè *A. bicolor*, che dice intermedio fra *A. androsaemifolium* e *A. cannabinum*, da noi passata a varietà glabra di *A. ambigens*. Lo stato attuale delle conoscenze del genere l'A. lo designa, crediamo non a torto, col nome di « Apocynal chaos »!

1911. P. Danguy, *Contribution à l'étude du genre « Apocynum » dans l'Asie centrale*, in Lecomte « Notulae systematicae », tom. II, n. 5, pag. 136. — Breve, ma interessante memoria nella quale l'A. descrive una nuova specie, l'*A. grandiflorum* della Songaria, Turkestan e Kan-sou, che, confrontata con gli autotipi di *A. Hendersonii* Hook. conservati nell' Erbario dell'Orto botanico imperiale di Pietroburgo, se ne è rivelata affatto identica.

1911-12. E. L. Greene, *Accessions to Apocynum*, in « Leaflets of botanical observations and criticism », vol. II (1910-12), pag. 164 (18 settembre 1911); pag. 165 (13 marzo 1912). — Contiene la diagnostica di ben 44 specie, cioè: *A. cordigerum*, *A. incanum*, *A. missouriense*, *A. estellinum*, *A. isophyllum*, *A. platyphyllum*, *A. sarniense*, *A. Farwellii*, *A. Bebbianum*, *A. dictyotum*, *A. procerum*, *A. ithacense*, *A. subuligerum*, *A. littorale*, *A. arenarium*, *A. cervinum*, *A. convallarium*, *A. Bolandri*, *A. densiflorum*, *A. Breweri*, *A. thermale*, *A. longifolium*, *A. insigne*, *A. leuconeuron*, *A. silvaticum*, *A. ellipticum*, *A. vacillans*, *A. Elmeri*, *A. griseum*, *A. ovalifolium*, *A. rubicundum*, *A. stenolobium*, *A. paniculatum*, *A. eximium*, *A. polycardium*, *A. plumbeum*, *A. xylostaceum*, *A. pulchellum*, *A. rotundifolium*, *A. arcuatum*, *A. cercidium*, *A. Austinae*, *A. luridum*, *A. diversifolium*: entità sul valore sistematico delle quali sarà discusso nell'enumerazione.

1912. J. A. Nieuwland, *News plants from various places*, in « The American Middland Naturalist », vol. II, n. 8, pag. 181 (marzo 1912). — Vi descrive *A. glaucum* n. sp., già diagnosticato sotto il nome di *A. plumbeum* Greene, che, per noi, è una delle tante varietà di *A. pumilum*.

Qui aggiungiamo che nel « Novus consp. flor. Europ. » pag. 333, di M. Gandoger, è elencato un *A. uralense* Gdgr. di cui non ci fu possibile di vedere la diagnosi.

PARTE GENERALE

I.

Morfologia esterna ed interna degli organi vegetativi [1].

In tutti gli *Apocynum* sono presenti e normalmente sviluppati i tre membri fondamentali nel corpo di una cormofita, e cioè radice, fusto, foglie, e queste sia vegetative, che fiorali.

A meglio chiarire la struttura del Genere, i limiti delle fluttuazioni delle singole specie e le affinità naturali che le collegano, stimiamo opportuno di passarli in breve rassegna, tanto più che le conoscenze acquisite a tale riguardo sono scarse e frammentarie e non prive di mende.

1) Radice e rizoma. — La radice caratterizza la pianta nel primo periodo vegetativo ed è normalmente presente nei successivi (fig. 2-3).

Nel primo anno di vegetazione essa resta abbastanza esile, rapidamente si allunga in direzione verticale, emettendo radicelle secondarie che alla loro volta possono ramificarsi. L'asse caulinare, come deduciamo da culture compiute tra la seconda metà di febbraio e la prima decade di marzo su forme di *A. cannabinum*, e quindi da plantule nate nella seconda metà di quest'ultimo mese, nel primo periodo vegetativo raggiunse un limitato sviluppo non eccedendo i 15-20 cm. Esso attraversa — allo stato di cultura e quindi con giornaliero inaffiamento della pianta — l'estate e la prima parte dell'autunno, per poi estinguersi totalmente, dopo l'essiccamento e la caduta delle foglie, all'ingresso dell'inverno. Nessuna traccia di gemme fiorali.

Riparati i soggetti in serra temperata, l'attività delle radici riprende ben presto, cotalchè il 20 di novembre dello scorso anno, poco al disotto della base del fusto essiccato e su di un organo, sulla cui natura e struttura di radice non verte dubbio, abbiamo visto organizzarsi delle gemme che restano sepolte e protette sotto la coltre terrosa o sabbiosa; gemme che, avanzando la stagione, vengono a generarsi in altri punti della radice, che gradatamente s'allunga e cresce in diametro.

Nel 17 marzo dell'anno in corso un esemplare di *A. cannabinum*, provvisto di radici gemmifere del diametro di 2 mm., mostrava una radice secondaria, del diametro di circa $^1/_3$ della principale, con tendenza a fare un angolo abbastanza pronunciato con questa: vale quanto dire a dirigersi orizzontalmente. Però, a due mesi

[1] I numeri tra parentesi, ove non si riferiscano a citazioni bibliografiche a piè di pagina, rimandano alla bibliografia posta in fondo al lavoro.

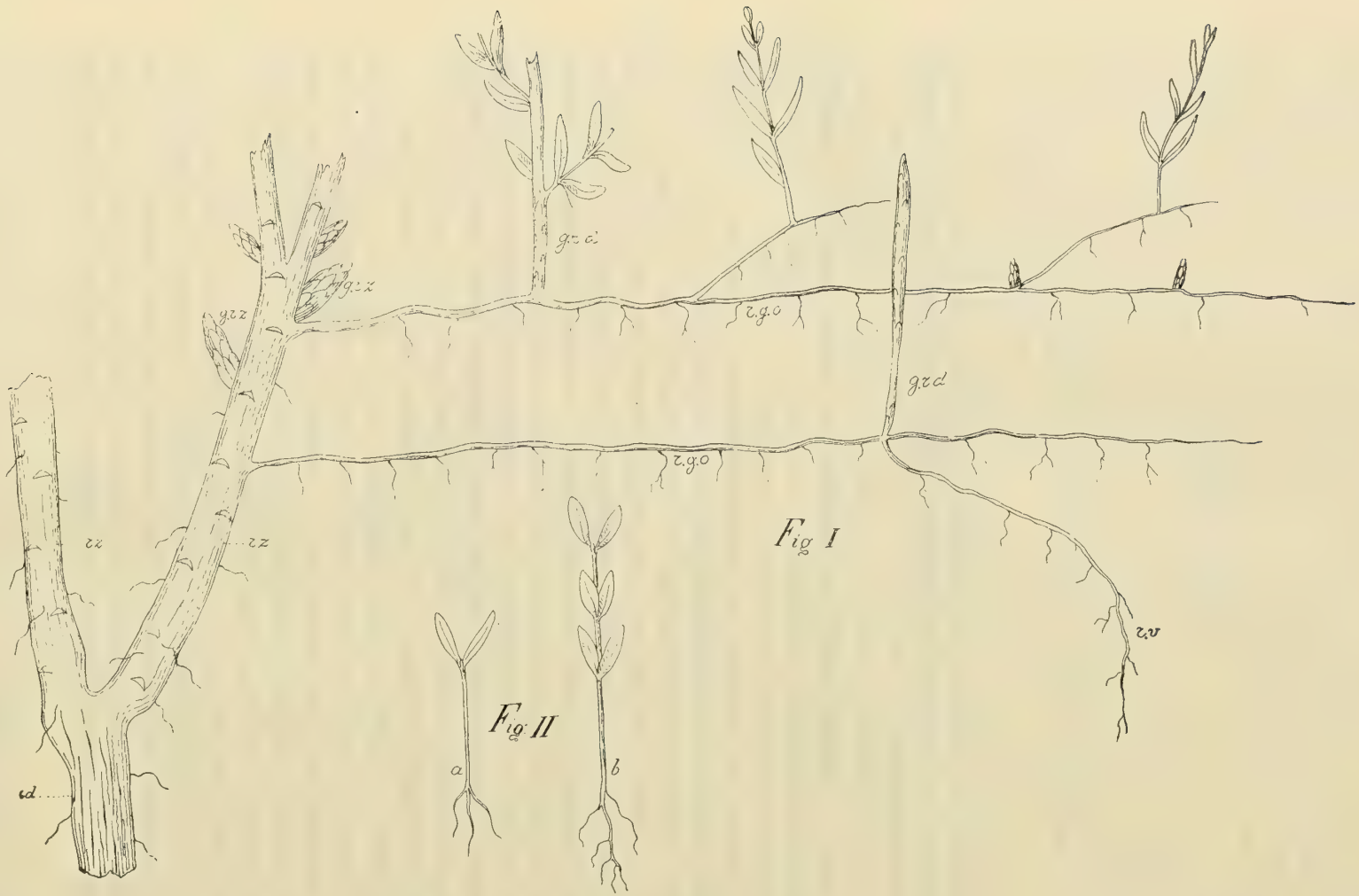


Fig. 2. — I. Apparato ipogeo di *Apocynum venetum* del Lido di Venezia: *rd.* = radice; *rz.* = rizoma; *g.rz* = gemme originantesi sul rizoma; *r.g.o.* = radici gemmifere orizzontali; *r.v.* = parte di questa radice decorrente verticalmente; *g.r.d.* = gemme originantesi sulle radici nel tratto che decorrono orizzontali. — II. Plantule di *Apocynum cannabinum*: *a*, con le foglie cotiledonari, *b*, con le foglie primordiali.

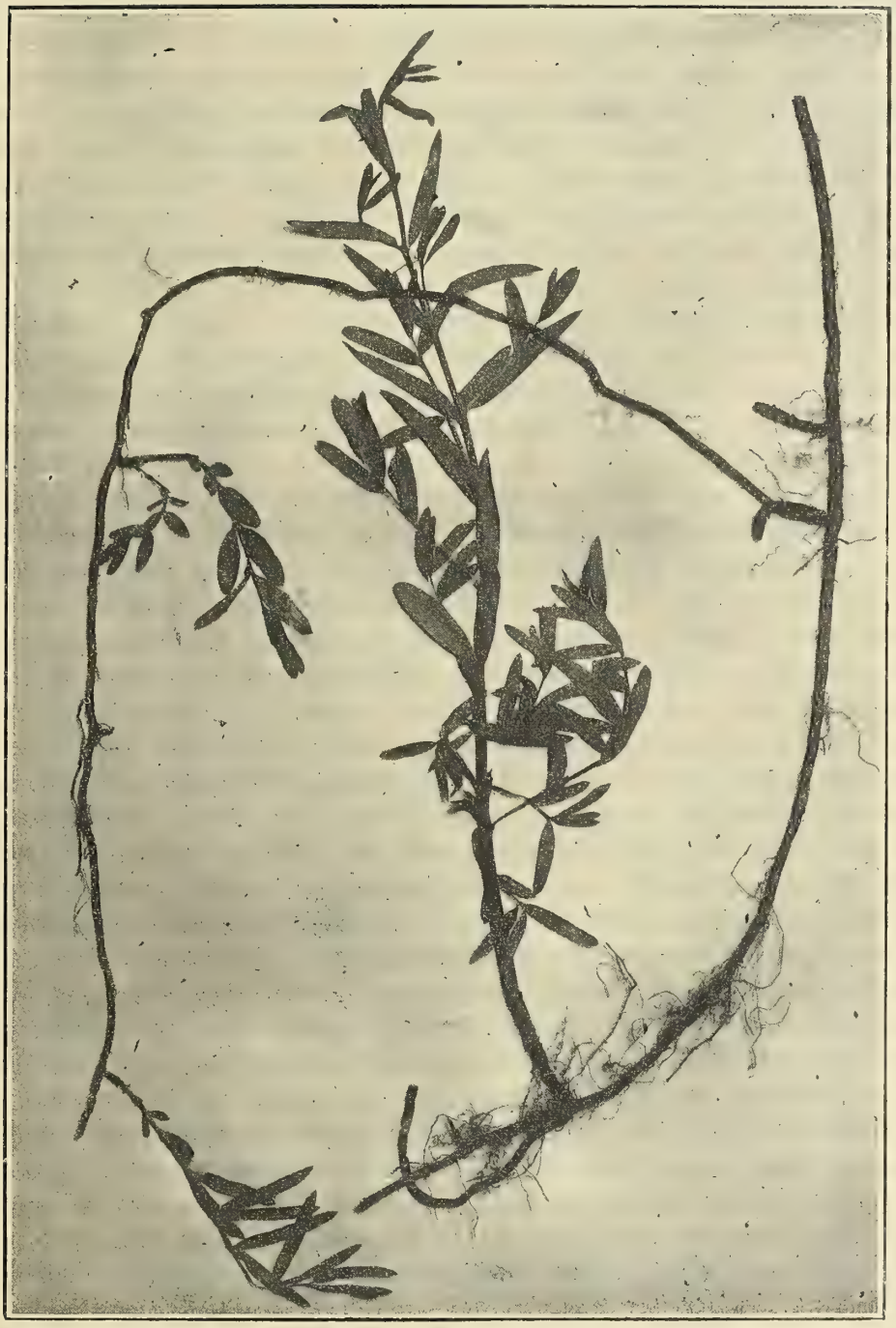


Fig. 3. — Frammento di radice gemmifera di *Apocynum venetum* del Lido di Venezia con germogli in vario grado di sviluppo.

di distanza da tale prima constatazione, non abbiamo notato alcuna presenza di gemme. Che però tale radice sia destinata a diventare in seguito gemmifera, lo deduciamo da quanto si osserva in vecchie piante di *A. venetum* del Lido di Venezia. In un individuo adulto di questa specie, l'apparato sotterraneo appare alquanto complicato. Nei casi più tipici, affondata sotto la coltre sabbiosa si osserva una grossa radice verticale semplice o ramosa, verso la sommità della quale si sono sviluppati germogli che hanno dato luogo ad assi fertili. Sul declinare dell'autunno questi assi soccombono nella parte aerea, permanendo in generale colla porzione ipogea. Durante l'inverno, verso la sommità di questi assi si originano nuovi germogli che, forando la sabbia per la via più breve dànno luogo ad altrettanti fusti fertili. Abbiamo osservato radici sormontate da rizomi con traccie di fusti di 3-4 periodi vegetativi, oltre quello dell'anno in corso.

Questi rizomi portano radici avventizie che sogliono essere più abbondanti nel tratto più giovane, e cioè nella parte immediatamente precedente gli assi fioriferi dell'anno. Di queste, la maggior parte restano brevi: altre, in minor numero e ad altezza diversa, si allungano orizzontalmente, serpeggiando nel suolo e bene spesso ramificandosi.

Quando tali radici hanno decorso, sotto l'influenza del geotropismo trasversale, un certo tratto orizzontale, di nuovo si affondano verticalmente sul suolo, diventano, cioè, geotropicamente positive. In un solo caso abbiamo notato uno dei tre rami (il centrale) presso il punto di ramificazione della radice compiere una curva geotropicamente negativa, vale quanto a dire dirigersi in alto. Sembra una disposizione diretta ad impedire l'affollamento dei singoli rami. Tali radici orizzontali sono, come i rizomi, riccamente gemmifere: dalle gemme, cioè, si sviluppano assi che, forando il suolo per la via più breve, si muniscono di foglie e quasi tutti diventano sessualmente maturi nell'anno. Si distinguono da quelli che prendono origine dai rizomi, per essere meno sviluppati, con foglie più anguste, spesso nani e sterili: caratteri che si accentuano nelle radici superficiali, che qualche volta possono esser messe a nudo dai movimenti della sabbia. In caso di frammentazione della radice, provocata da cause meccaniche (spostamento delle sabbie ecc.), non vi è dubbio che tali germogli siano il punto di partenza, il capostipite di una nuova colonia. Tutto lascia credere che tale moltiplicazione agamica si eserciti abbastanza attivamente. Tali germogli, di regola, non emettono radici verticali: e siccome queste le troviamo presenti alla base dei vecchi rizomi, evidentemente tali individui hanno genesi diversa. Siccome fa d'uopo escludere che esse siano una trasformazione delle radici provenienti dall'embrione — e ciò a causa della sterilità della pianta veneziana che data da epoca certamente remota — sembra doversi ammettere che essi si generano dalle radici orizzontali nel tratto e nei rami affondantisi verticalmente nel suolo. Nonostante le replicate nostre osservazioni, non siamo riusciti a trovare due individui adulti e, cioè, da parecchi anni vegetanti collegati da radici orizzontali. Ma la mancanza di tale tratto di unione fra i capostipiti di due vecchie colonie non deve sorprendere, in quanto esso ha finito per dissolversi. Dobbiamo però confessare che tale punto non ci è riuscito molto chiaro; ma d'altra parte il problema non è risolubile in modo sicuro se non in seguito allo studio delle varie fasi dello sviluppo della pianta a comin-

ciare dalla plantula: il che non ci fu possibile di fare, essendo l'Apocino veneziano, come sopra fu detto, fiorifero, ma sterile per completo aborto del polline. Quel che è certo si è che, alla costituzione dell'apparato ipogeo dell'*A. venetum* e, a giudicare del materiale d'Erbario da noi esaminato, in quello di tutti gli *Apocynum*, concorrono o concorsero, oltre alla radice primaria, organi di origine e struttura radicale verticali ed orizzontali ed organi d'origine caulinare (rizoma), gli uni e gli altri riccamente gemmiferi e moltiplicanti agamicamente la pianta, in seguito specialmente a distacco meccanico. Il geotropismo trasversale di cui sono animate le radici di *A. venetum* (nella pianta di *A. cannabinum* dell'Orto botanico di Roma, il primo di noi vide un germoglio decorrente per un certo tratto orizzontalmente nel sottosuolo prima d'immergersi nell'aria), evidentemente è indotto dal bisogno, nella pianta, di trovare nuovi spazi di terreno non sfruttato; e siccome le radici verticali ed i rizomi si coronano, in alto, di numerosi assi, il geotropismo stesso è determinato da la necessità di evitare l'affollamento e l'adugiamento di questi.

La profondità raggiunta dalle radici verticali e quella dei germogli che su di esse prendono origine e talune di quelle che si sviluppano sulle radici orizzontali è carattere che si riscontra in un cospicuo numero di erbacee perennanti nei suoli sabbiosi, designate dai fitogeografi col nome di psammofite. Esse appartengono, secondo la classificazione del Raunkiaer (1), alle criptofite, alle piante, cioè, con gemme approfondite al suolo, i nostri *Apocynum* appartenendo alle criptofite radicigemme, qui però avvertendo che gemme possono pure organizzarsi da un organo di origine caulinare, quale è un rizoma. Secondo le ricerche del primo di noi (12), nel littorale sabbioso veneziano dalla destra del Tagliamento alla sinistra dell'Adige, le criptofite gravano con un % di 30 sulle perenni e con un % di 19 sul totale (1082) delle specie indigene od indigenate della Flora della laguna e lido di Venezia intesi nel senso più largo. Nel lavoro dove trovansi condensate le ricerche compiute a tal riguardo da Béguinot, è fatto rilevare come criptofite non manchino in altri settori della regione: ma resta degna di nota la loro mancanza nella vegetazione anche essa di spiaggia, ma di substrati argillosi e salati e cioè nelle alofite della formazione delle barene. Parecchi sono presumibilmente i fattori che inducono le psammofite al criptofitismo: bisogno di umidità, difesa contro le brusche variazioni di temperatura negli strati superficiali (come ci hanno rivelato le constatazioni in natura ed in cultura, la gemmazione si inizia durante la stagione rigorosa), difesa contro la mobilità del suolo e quindi contro gli scalzamenti. Non conviene dimenticare che *Apocynum venetum* e gli affini *A. pictum* ed *Hendersonii* vegetano in regioni steppiche dell'Asia centrale esposte ad inverni molto rigidi (20-30° sotto zero) ed a venti furiosi: e tali difese sono anche più giustificate in quanto la pianta vegeta, come da noi, lungo le sabbie mobili del littorale (2).

(1) Chr. Raunkiaer, *Types biologiques pour la géographie botanique* (Overs. over det Kgl. Danske Videnskab. Selskab Forhandlingar, 1905); *Planterigets livsformer og deres betydning for geografien*, Kobenhavn o. Kristiania, 1907.

(2) Cfr. G. Cora, *Meteorologia e clima di Jarkand e Kaschghar da un rapporto di H. F. Blandford.* ecc. in « Cosmos » di G. Cora, vol. IV (1877), pag. 329.

Non è privo di interesse il notare che l'*habitat* di alcune specie e forme nordamericane cade sui pendii ciottolosi e quindi in terreno soggetto a movimenti e franamenti. È evidente il danno cui sono esposte piante viventi in tali stazioni se prive di un apparato ipogeo profondo. Del resto, recenti ricerche eseguite da Hesse [1], sulle « Geröllpflanzen » della flora alpina, hanno condotto l'A a riconoscere caratteri ed adattamenti paragonabili a quelli esplicati dalle psammofite, tra cui il criptofitismo abbastanza esaltato.

Ampio sviluppo del sistema sotterraneo, parziale decorrenza di questo in direzione orizzontale, relativamente facile frammentazione, abbondanza di germogli e facilità di emettere radici avventizie, fanno del nostro Apocino una tipica pianta a colonia ed una energica fissatrice della duna.

Dal punto di vista morfologico, radice e rizoma convergono per la colorazione di un bruno cioccolata e per essere, quando adulti, solcati da creste longitudinali più o meno profondamente scolpite. Ambedue portano numerose radicelle e gemme di origine endogena: ma la prima è più sottile e meno robusta del secondo, e questo, inoltre, si distingue nelle parti più giovani per avere catafilli brunastri, che mancano in quella: catafilli che, nelle parti più vecchie e che hanno maggiormente sentito l'attrito del terreno, finiscono per scomparire, ma sono sempre visibili le traccie della loro inserzione, rivelandosi così quest'ultimo, e per tale carattere, un indubbio organo di origine caulinare.

Dal punto di vista anatomico la struttura della radice di *A. venetum* e quella del rizoma di *A. cannabinum* furono studiate (per quanto un po' sommariamente) dal Garcin (50), al cui lavoro rimandiamo.

Qui ci preme di ricordare che sono in comune con i due organi (fig. 4 e 5), quando adulti, alcune serie di cellule suberificate alle quali segue un parenchima amilaceo, in seno al quale circolano laticiferi inarticolati ed assai voluminosi. Il cilindro corticale è delimitato verso l'interno dal centrale da una serie numerosa di cellule ricche di amido, constatato nelle giovani radicelle di *A. venetum* dal Garcin, e da noi nei giovani rizomi (base del fusto dell'anno in corso) di *A. cannabinum* dell'Orto botanico di Roma, più non essendo in seguito riconoscibile quando l'organo diventa adulto e le cellule tutte diventano riccamente amilifere.

Nel cilindro centrale, invece, si estrinsecano notevoli differenze nel senso che nei rizomi delle specie da noi esaminate, nella zona parenchimatica, vengono differenziandosi in un parenchima, come il precedente, riccamente amilifero e percorso da laticiferi, fibre ora isolate, ora riunite a piccoli gruppi a pareti fortemente ispessite: fibre ed isolotti fibrosi di cui non vi è traccia nelle radici, mentre, come vedremo, esistono nel fusto aereo. Inoltre, nelle radici la zona floematica è periferica, e la zona vascolare raggiunge il centro, che perciò non è mai vuoto: nel rizoma, come del resto negli organi caulinari di tutte le Apocinacee, una banda di floema si genera alla periferia interna del legno e circonda il midollo formato da cellule arrotondite ed a pareti sottili con intercalate cellule gommose e laticifere: midollo che può

[1] E. Hesse, *Ueber die Wuchsformen der alpinen Geröllpflanzen*. Arbeit aus dem Botanischen Museum des eidg. Polytechnikum Zürich. Dresden. 1909.

anche scomparire. Abbiamo, quindi, una zona librosa perimidollare, carattere in base al quale un rizoma è prontamente distinto da una radice. In ambedue il legno è formato da file vascolari attraversate da raggi midollari formati da cellule riccamente

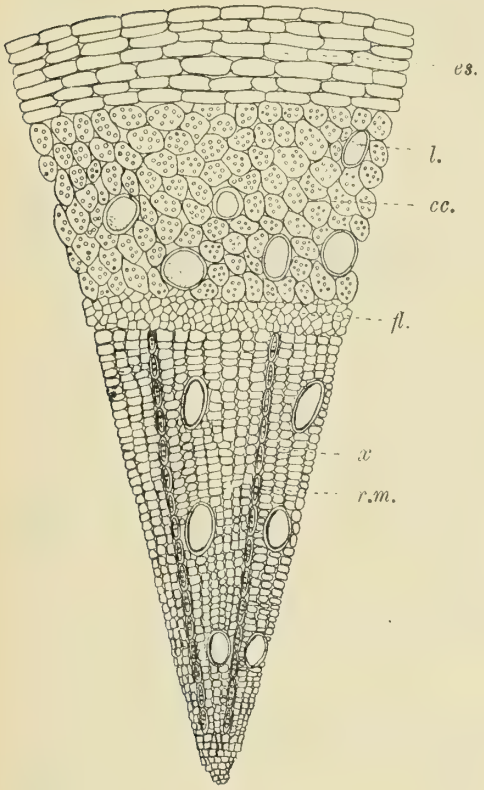


Fig. 4.

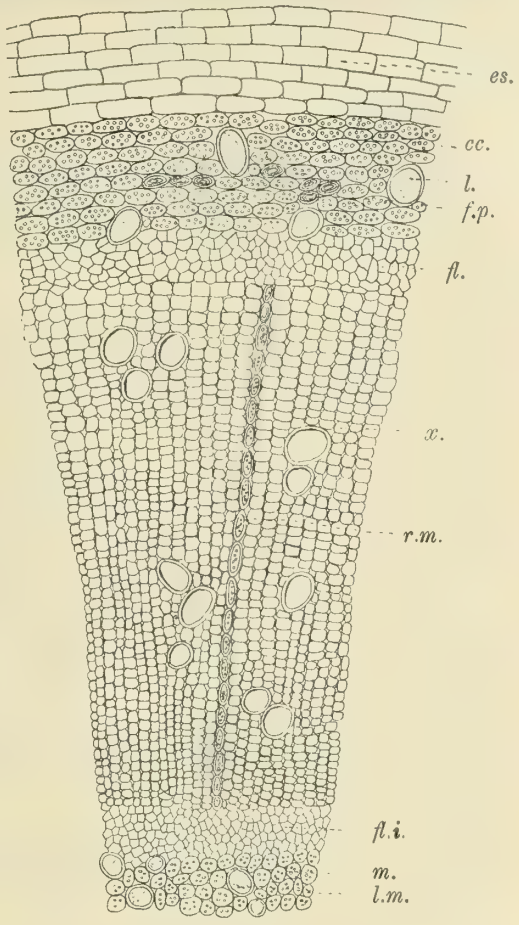


Fig. 5.

Fig. 4. — Sezione trasversale della radice adulta di *Apocynum venetum* del Lido di Venezia; *es.* = esoderma; *l.* = vasi laticiferi; *cc.* = cilindro corticale; *fl.* = floema; *x.* = xilema; *r.m.* = raggi midollari. — Fig. 5. — Sezione trasversale del rizoma della stessa specie: *es.* = esoderma; *cc.* = cilindro corticale; *l.* = vasi laticiferi; *f.p.* = fibre pericicliche; *fl.* = floema; *x.* = xilema; *r.m.* = raggi midollari; *fl. i.* = floema interno perimidollare; *m* = midollo; *l.m.* = laticiferi midollari.

amilifere. Nessuna apprezzabile differenza abbiamo riscontrato, sia nella radice come nel rizoma, fra *A. venetum* euroasiatico e forme di *A. cannabinum* nord-americane.

Come è noto, il rizoma di *A. cannabinum*, sotto il nome di radice di « canfora indiana del Canadà » e di « Indian Hemp », è largamente usitato negli Stati Uniti ed è anzi iscritto nella Farmacopea ufficiale di questo paese. La droga si presenta in frammenti cilindrici con diametro oscillante dai 50 agli 80 mm., semplici o ramosi, diritti o flessuosi. Va sotto il nome di radice, e con tale designazione è pure chia-

mato in alcuni trattati. Certamente non neghiamo che nella droga vi siano mescolati anche frammenti di radice, qui richiamando i caratteri morfologici ed anatomici che differenziano i due organi e di cui fu sopra questione.

Hussemann fu il primo ad affacciare l'idea che tale Apocino contenesse una sostanza tossica dello stesso gruppo della digitalina. Più tardi Schmiedeberg (1) ne estrasse due sostanze analoghe all'oleandrina ed alla neriina, che chiamò *apocynina* ed *apocyneina*.

La prima è una resina amorfa, assai solubile nell'alcool e nell'etere, insolubile nell'acqua: la seconda è un glucoside con proprietà analoghe alla nerina ed alla digitalina. La droga si adopera come emeto-catartica e come diuretica, e la polvere come purgativa. È raccomandato anche come espettorante, diuretico e diaforetico (Knoff).

Anche all'*A. androsaemifolium*, il cui rizoma va sotto il nome di « Dog's Bane », sono attribuite proprietà analoghe a quelle dell'*A. cannabinum*, ed il rizoma fresco è adoperato come emeto-catartico. Di ambedue il succo lattiginoso è ricco di caoutchouc.

Secondo Aitchinson (1) i rizomi di *A. venetum*, noto nell'Afghanistan sotto il nome di « Dub-i-roba, Kundar, Dumb-i-gosalla » forniscono una corteccia adoperata nel paese per avvolgere i recipienti con cui si conserva l'acqua.

2) Fusto. — Radice e rizoma gemmiferi persistenti nel terreno allo stato di vita rallentata durante la stagione rigorosa, sono caratteri comuni a tutti gli *Apocynum* da noi studiati. La parte aerea del fusto, invece, che può raggiungere anche un metro d'altezza nelle specie euro-asiatiche e m. 1,50 in quelle americane e che ha sempre consistenza legnosa e portamento d'arbusto, dura soltanto un periodo vegetativo, soccombendo al declinare dell'autunno, e quindi, all'ingresso della stagione invernale.

Gli *Apocynum* sono, quindi, piante erbacee perennanti, trovandosi ad uno dei limiti ultimi tra questa categoria e quella dei suffrutici a fusto persistente.

Nella sua parte vegetativa il fusto non offre particolari degni di nota. Esso è sempre eretto, mai volubile (2), normalmente verdastro, antocianico specialmente da giovane nelle parti meno soleggiate e ricoperto di un debole rivestimento ceroso negli internodii inferiori delle giovani piantine di *A. hypericifolium* ed *A. cannabinum* e nei giovani germogli di *A. venetum*, perdendosi nella pianta adulta; glaucedine che tocca il massimo in *A. hypericifolium*, che anche da adulto mantiene un colore glauco, che, come vedremo, si afferma anche nelle foglie, costituendo una peculiarità delle forme di questo ciclo. Il fusto è generalmente ramoso, con i rami perfettamente opposti, o soltanto con opposizione apparente, e cioè coi rami molto ravvicinati, ma più frequentemente alterni, ascendenti, con angolo più o meno acuto con l'asse principale, od anche più o meno divaricati. In generale si può dire che nelle specie euro-

(1) Arch. für experiment. Path. und Pharmac. vol. XVI (1883), pag. 161.

(2) Qui richiamiamo un'antica osservazione di M. von Bieberstein (*Flora tauro-cauc.*, I, pag 177) in cui si accenna a scandenza del fusto che fu da noi constatata in alcuni esemplari di Erbario. Scrive l'A. a proposito di *A. venetum* « occurrit ad radices Caucasi: in virgultis humidiusculis praealtum et subscandens, ad collium sterilium vero latera humilius et erectus ».

asiatiche prevale l'alternanza ed in quelle americane l'opposizione. Ciò che coincide, come vedremo, con la fillotassi. Persistenza nell'opposizione dei rami talvolta lungo tutto l'asse principale riscontrammo bene spesso in *A. lividum*. Ma altri dati al riguardo ci riserviamo di riportare a riguardo delle infiorescenze. Qui aggiungiamo che il fusto della maggior parte delle specie e, nei gruppi polimorfi, la forma che riteniamo come tipo, cioè, quella descritta come tale o che ci parve la più frequente, è glabro. Le entità a fusto cosparso di minuti peli, sempre brevi ed unicellulari, mai glandolosi, sono: *A. androsaemifolium* var. *griseum* (Greene) Nob.; *A. pumilum* var. *intermedium* Nob., var. *tomentellum* (Greene) Nob. e var. *pulchellum* (Greene) Nob.; *A. cannabinum* var. *pubescens* (R. Br.) A. DC.; *A. incanum* Greene; *A. vestitum* Greene ed *A. sarniense* Greene.

In linea generale si può asserire che la pubescenza del fusto coincide col massimo della tricofilia della pianta ed apparisce essere un carattere abbastanza costante. La glaucescenza nelle forme del ciclo di *A. hypericifolium*, costantemente glabre, è una vicariante della pubescenza di specie e forme di altri cicli. Notevole la mancanza di pelurie nelle numerose varietà stenofille di *A. cannabinum*.

Variabile, nei limiti di parecchie specie, è la lunghezza del fusto, nel senso che, accanto a forme a sviluppo caulinare normale, che rappresenta perciò la media statura, ve ne sono alcune giganti ed altre più o meno ridotte. Così nel ciclo di *A. androsaemifolium* sono frequenti individui a fusto lungo 20-30 cm., a foglie più piccole del solito con caratteri più o meno accusati di giovanilismo e che ricordano a prima giunta le entità designate sotto il nome di *A. pumilum*. Questa, come indica la parola, è una forma bassa, per lo più microfilla: ma nel suo ciclo abbiamo ricondotto, per le ragioni che saranno dette a suo luogo, *A. rhomboideum* ed *A. rubicundum* a fusto e foglie quasi tanto sviluppate come nel tipico *A. androsaemifolium*. Nel ciclo di *A. cannabinum* bene spesso le forme stenofille hanno fusto meno sviluppato del solito, laddove in quello di *A. hypericifolium*, il tipo descritto da Jacquin sotto il nome di *A. sibiricum*, è la pianta di media statura, la forma gigante è rappresentata da *A. nevadense* Good., nè sono rare forme pigmee assai al disotto della media statura e con foglie adulte che perpetuano evidenti caratteristiche giovanili.

Da quanto ci è risultato dalla cultura di individui di *A. cannabinum* var. *album* da semi (ora nel secondo periodo vegetativo e con sessualità raggiunta), si affaccia alla mente l'idea che forme nane siffatte possano in molti casi rappresentare o individui giovani, e quindi con assi fioriferi direttamente derivanti dalla radice primaria, o, come osservammo in *A. venetum*, assi derivanti da germogli sviluppatisi dalla radice adulta che, come sopra fu detto, di regola è meno potente dei rizomi.

Qui aggiungiamo che le forme di *A. venetum* dell'Europa orientale e dell'Asia centrale raggiungono di solito uno sviluppo e bene spesso una ramosità maggiore (var. *turkestanicum*!) che nelle piante veneto-triestine e nelle americane il pigmeismo sembra essere un carattere specifico in *A. arenarium* Greene e nel nostro *A. neogeum* con fusto alto 50-60 cm.

Dal punto di vista anatomico (fig. 6), in una sezione trasversale del fusto di *A. venetum* troviamo dall'esterno all'interno i seguenti tessuti: epidermide costituita da una serie unica di cellule a sezione quasi quadrata con parete esterna ed interna

ispessita e numerosi stomi: un'assisa unica di cellule a lume un po' più grande, a sezione quasi quadrata, prive di clorofilla, qua e là contenenti un succo cellulare rossastro, assisa che il Garcin interpreta quale un esoderma: cinque o sei assise di cellule elissoidali riccamente clorofillifere, costituenti il parenchima corticale con qua e là cellule gommose colorate in rossastro dal violetto di Hanstein ed in giallo dal clorojoduro di zingo, ed ampî latticiferi che si distinguono per il contenuto grigiastro e granuloso; l'endodermide costituita da un'assisa unica di elementi più grandi, riccamente ami-

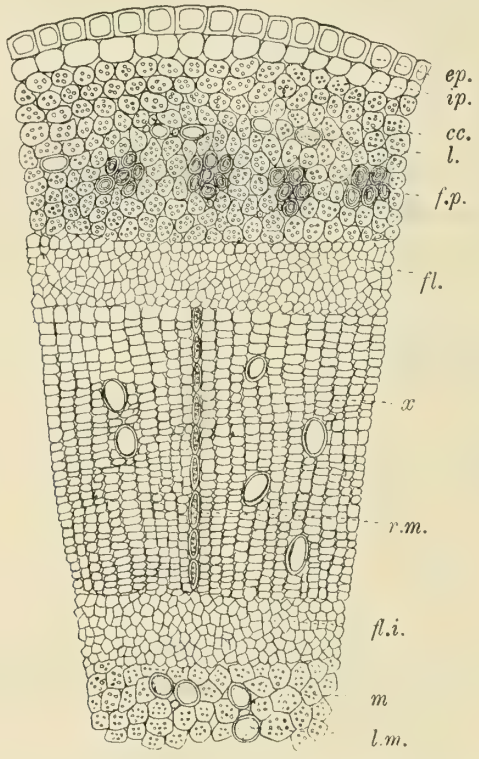


Fig. 6 — Sezione trasversale del fusto adulto di *Apocynum venetum* del Lido di Venezia: *ep.* = epidermide; *ip.* = ipoderma; *cc.* = cilindro corticale; *l.* = vasi laticiferi; *fp.* = fibre pericicliche; *fl.* = floema; *x.* = xilema; *r.m.* = raggi midollari; *fl.i* = floema interno perimidollare; *m.* = midollo; *l.m.* = laticiferi midollari.

liferi. Nel cilindro centrale troviamo, all'esterno, una zona che il Garcin designa col nome di periciclo e nella quale si notano isolotti fibrosi, ora per lungo tratto continui, ora separati da istmi di cellule parenchimatiche amilifere e qua e là da qualche vaso laticifero: fibre assai ispessite e a lume assai ridotto, costituenti una guaina meccanica discontinua. Il resto del cilindro centrale non presenta differenze con quello del rizoma, e, come in questo, il floema è esterno ed interno, quindi anche perimidollare; il midollo è ricco di cellule laticifere e gommose e non privo di cellule amilifere, scomparendo alla fine del periodo vegetativo.

Garcin, che ha studiato il fusto del tipico *A. cannabinum*, della quale specie noi disponemmo solo di piante oggidì al secondo anno di vita, assicura che non presenta apprezzabili differenze dall'*A. venetum* da noi studiato.

Affatto simile è la struttura del fusto della var. *album* di *A. cannabinum* ricevuto dall'Orto botanico di Roma e nel quale fu possibile di seguire le trasformazioni cui va incontro specialmente la così detta zona periciclica nei varî punti di uno stesso fusto e in fusti in via di diventare adulti: particolari nei quali stimiamo superfluo di addentrarci, qui premendoci solo di avvertire che nel fusto adulto, analogamente come in *A. venetum* (fig. 6), la guaina endodermica non è più riconoscibile e quindi nessun limite si osserva tra il cilindro corticale e quello centrale.

Quanto agli usi si sa che, nel Turkestan ed altrove e in alcuni punti della Russia (Astrakan), il fusto di *A. venetum*, noto sotto il nome di « Kendir », è adoperato per fare legacci, cordami ed altri oggetti che richiedono sostanza tessile. È specialmente molto pregiato dai pescatori che ne fanno reti stimate imputrescenti o, mescolato con la seta, se ne confezionano tessuti per gli indigeni, non che corde che servono a legare le balle di cotone coltivato nel Turkestan e spedito con la ferrovia transcaspica in Russia. L'estrazione, però, delle fibre, si rivelò difficile, perchè queste sono frammiste ai vasi laticiferi: ciò non ostante, non mancarono tentativi di coltura della specie in America, mentre il Thonin (1) consigliava quella di *A. cannabinum* assicurando che le sue fibre davano una filaccia più forte della stessa canape.

Non ci consta, però, che il tentativo abbia avuto sèguito, nè che sia stata raccolta la proposta, fatta dal prof. Levi Morenos (89), di tentare l'estrazione delle fibre dal nostro Apocino allo scopo specialmente di fabbricare reti per i pescatori.

In alcuni punti del Turkestan, secondo il Danguy (35), l'*A. grandiflorum* Dang. (e cioè *A. Hendersonii* Hook.!), noto sotto il nome di « Tchiga », offre una corteccia flessibile, con la quale si confeziona una specie di cordicella adoperata per legare le « sapêques ». Hooker (80) riferisce che con la fibra della forma latifolia di *A. hypericifolium* (= var. *nevadense*!) gli indigeni delle regioni occidentali delle Montagne Rocciose fanno reti e Leidy (2) scrive che *A. cannabinum* viene adoperato dagli Indiani dell'Est per fabbricare ceste, stuoie e consimili articoli.

3. Foglie. — Costituiscono con il loro complesso un apparato abbastanza variabile nel genere e nella più parte dei cicli quali furono da noi stabiliti: d'altra parte esse forniscono parecchi caratteri che si prestano a largo impiego sistematico. Dobbiamo, perciò, scendere a parecchi particolari a tale riguardo.

Dal punto di vista della seriazione ontogenica distinguiamo, quanto alle foglie vegetative, i seguenti tipi: foglie cotiledonari od embriofilli, foglie primordiali, foglie propriamente dette o nomofilli, foglie ipogee o catafilli, foglie bratteali o bratteole.

Del primo tipo, e cioè dei cotiledoni, noi abbiamo studiato quelli di varietà di *A. cannabinum* (fig. 2, II), e null'altro abbiamo da osservare se non la forma che è strettamente ellittica, ottusa alla sommità; essi sono un po' ristretti alla base, quasi sessili, pertettamente glabri, della lunghezza o poco più lunghi del primo internodio,

(1) Cfr. M. A. Savorgnan, *Coltivazione ed industria delle piante tessili.* Milano, U Hoepli (1891), pag. 325.

(2) « Proceedings of the Ac. of Nat. Scienc. of Philadelphia », pag. 30 (1884)

abbastanza prestamente caduchi. Foglioline corrispondenti, per grandezza e per forma, ai cotili, occupano 1-4 nodi inferiori della porzione aerea dei giovanissimi fusti derivanti da germogli radicali o caulinari (rizoma), opposte nelle specie americane da noi studiate, opposte o sparse in *A. venetum*, dove presentano qualche raro dentino, in ambedue prontamente caduche quando il fusto si avvia a diventare adulto. I catafilli, proprî dei rizomi sotterranei e della parte ipogea del fusto dell'anno, ricordano pure le foglie embrionali, ma hanno base più larga, sono più corti, scoloriti o, più frequentemente, nerastri. Le foglie primordiali, all'infuori del loro minore sviluppo, in nulla differiscono dalle adulte: che anzi dalle foglie primordiali di alcune specie si può intravvedere quali saranno i nomofilli e determinare a quale ciclo appartengono.

Così in *A. androsaemifolium*, che è una delle forme più decisamente nemorali e possiede fogliame molto espanso, le foglioline primordiali si lasciano distinguere, ad esempio, da quelle di *A. cannabinum* ed *A. hypericifolium*, per il lembo con tendenza ad assumere una forma ovale ed a nettamente distinguersi dal picciuolo. Le due specie sopra nominate si distinguono per la forma oblunga-ellittica delle foglie, ma sino dallo stato di plantula e, più ancora, nei giovani fusti del secondo periodo vegetativo: la prima per avere un lembo gradatamente ristretto in un picciuolo, la seconda per il lembo bruscamente ristretto alla base e quasi sessile (fusto e foglia sono, inoltre, più decisamente glaucescenti, ed il pigmento clorofilliano di un verde pallido). Caratteri che si perpetuano nella pianta adulta e sessualmente matura, o, quanto meno, nella forma che noi riteniamo per il tipo (= *A. sibiricum* Jacq.!). Indistinzione tra lembo e picciuolo che ci conduce a ritenere lo Apocino in questione una delle entità meno evolute nella seriazione ontogenetica dell'apparato fogliare. Del resto, per quel che abbiamo detto, l'omoblastia è, nel genere, la regola. Ne troviamo una conferma nei tre *Apocynum* euro-asiatici dove la minutissima dentellatura del margine si inizia sin dalle foglie primordiali. Va da sè che nelle forme stenofillari, così frequenti nel ciclo di *A. cannabinum* e *A. hypericifolium*, le stigmate giovanili si mantengono, grazie ad una omoblastia anche più perfetta.

E passiamo ai nomofilli o foglie vegetative adulte.

Quanto alla forma generale, stabiliamo i seguenti tipi:

1° tipo: **salicifolio** (Tav. X, fig. 1, 2, 4, 6, 12, 13, 14). — È il tipo a foglie strettamente lanceolate, gradatamente attenuate in picciuolo breve, più o meno ben distinto dal lembo che è abbastanza più lungo che largo, quindi di forma ellittica od oblungo-lanceolata, raramente quasi lineare. Vi appartengono le tre specie euro-asiatiche e, nel Nord-America, gli *A. neogeum*, *A. arenarium*, non che le forme, più o meno angustifolie, di *A. cannabinum* descritte dal Greene sotto il nome di *A. album*, *A. estellinum*, *A. isophyllum*, *A. Bolandri* e la nostra varietà *floribundum*: la prima già intravveduta dal De Candolle nella sua var. *glaberrimum*, sulla quale vedasi la parte sistematica.

Quanto al massimo della stenofillia, nelle specie euro-asiatiche esso è raggiunta da *A. pictum* — che è anzi la più angustifoliare specie di tutto il genere — e da forme stenofille delle var. *longifolium* ed *oblongifolium* di *A. venetum*, spesso distribuite nelle Essiccate sotto il nome di *A. sibiricum* Pall. (non Jacq.!), mentre altre forme del ciclo (var. *turkestanicum* e var. *ellipticifolium*: tav. 10, fig. 7-8) fanno passaggio

al tipo nummularifolio, esclusivamente neogeo. È quel che si verifica in seno al gen. *Salix*, nel gruppo dei « *Glaciales* » !

La coincidenza della forma salicifolia nei due generi non ci sembra casuale, poichè e l'uno e l'altro hanno numerosi rappresentanti nelle arene alluvionali lungo i corsi d'acqua: stazione nella quale, come fece osservare il Beccari (1) per Borneo, quindi nel dominio di una flora profondamente diversa, la stenofillia è uno dei caratteri dominanti nel paesaggio botanico.

2° tipo: **androsemifolio** (Tav. X, fig. 9). — È contraddistinto da caratteri antagonistici al precedente, indotti dal mezzo in cui il suo prototipo, l' *A. androsaemifolium*, cresce: e, cioè, nelle stazioni più o meno riparate dalla diretta insolazione. La foglia a lembo largamente ovale presenta una superficie ampia, tessitura sottile, il pigmento clorofilliano d'un verde intenso nella pagina superiore, picciuolo ben distinto dal lembo che termina arrotondato od un po' attenuato. Nella forma che Greene ha distinto sotto il nome di *A. Andrewsii*, la foglia tende a restringersi e ad allungarsi, mentre nell'*A. ambigens* che, anche per i caratteri fiorali e di stazione, si ricollega con tutti i possibili intermediarî con *A. pumilum*, segna tutti i passaggi, staremmo per dire tutti i conati per realizzare il tipo mummularifolio proprio di questa ultima specie. Vi si possono ricondurre anche alcune forme di *A. cannabinum* e parecchie della stirpe di *A. medium* di cui sarà detto avanti.

3° tipo: **nummularifolio** (Tav. X, fig. 15). — Segnalammo tendenza a questo tipo nelle forme latifogliari ed ellitticifoglie di *A. venetum*, ma in nessuna specie è così egregiamente scolpito quanto nel neogeo *A. pumilum*. In questa specie le foglie, pur variando notevolmente quanto all'ampiezza, si lasciano distinguere per la forma rotondo-orbiculare e quindi a diametri poco variabili o isodiametriche, particolarità a cui si aggiunge spesso lo spessore del mesofillo e l'irrobustimento dell'epidermide e del sistema meccanico per cui ne risulta una foglia a consistenza coriacea, ora rotondata-ovale (*A. ovalifolium* Greene), ora rotondata-cuoriforme (*A. cardiophyllum*), ora glabra e piccola (*A. xylostaceum* Greene), ora grande e glabra (*A. rubicundum*, *A. cercidium*, che ricorda il nostro *Cercis Siliquastrum*!), ora pelosa, grande, romboidea (*A. rhomboideum*), od anche pelosa, piccola, orbiculare (= *A. pulchellum* Greene). Polimorfismo assai accentuato, di cui ci restano ignoti i fattori, mentre i caratteri comuni delle varie forme (riduzione della superficie traspirante, pachifillia, ecc.) sono evidentemente indotti dalla stazione soleggiata in cui vegetano, e sono perciò in qualche modo antagonistici a quelli del tipo precedente. È però da avvertire che, nelle foglie inferiori di *A. androsaemifolium* e specialmente nelle forme microfille, bene spesso si realizza la forma rotondato-orbiculata, e quindi la pianta va soggetta ad una eterofillia che merita di essere investigata seguendo le fasi della seriazione fogliare: ciò che sin qui non ci fu dato di fare.

4° tipo: **rododendrifolio** (Tav. X, fig. 10-11). — Ricorda il secondo per l'ampio sviluppo della superficie in rapporto evidente con le stazioni delle specie che lo presentano: ma la forma ne è alquanto diversa, e cioè largamente oblungo-ellittica e ricorda quella delle specie macrofille del gen. *Rhododendron*.

(1) O. Beccari, *Nelle foreste di Borneo*. Cfr. anche: Hansgirg, *Phyllobiologie*, pag. 126

Il lembo s'attenua in picciuolo abbastanza manifesto e che raggiunge la sua massima larghezza (8-15 mm.) in *A. nemorale*, il cui nome è altamente espressivo. Un altro carattere è dato, proprio come in molti *Rhododendron*, dalla diversa tonalità del pigmento clorofilliano in corrispondenza delle due pagine: la pagina superiore, cioè, influenzata dal palizzata a cellule con abbondanti e fitti cloroplasti — e, perciò, di colore verde intenso — contrasta con quella inferiore in corrispondenza del tessuto lacunoso e che è di un verde pallido.

Tipico rododendrifolio è *A. cannabinum* o, più esattamente, le forme latifogliari dello stesso, nel ciclo di questa specie grandemente polimorfa, esistendo tutti i possibili intermediarî con il tipo salicifolio (Tav. X, fig. 12-13-14); che anzi la contemporanea presenza dei due tipi (es.: *A. litorale* Greene), il primo nel fusto principale ed il secondo nei rami, può dare luogo ad una spiccata eterofillia. Altrettanto si verifica in *A. ithacense*, che è pure di questa stirpe, ma che in base ai suoi caratteri fiorali consideriamo quale specie a sè. In *A. procerum* della stirpe di *A. cannabinum*, ma specie a sè, l'eterofillia è data da foglie in parte sessili ed ellittiche, in parte picciolate e rododendroidi, e fa quindi passaggio al tipo seguente. Analoghe osservazioni avemmo occasione di fare nella var. *album* di quest'ultima specie coltivata nell'Orto botanico di Roma alla Lungara.

5° tipo: **ipericifolio** od **eucaliptoide** (Tav X, fig. 16-19). — È caratterizzato per le foglie, almeno inferiori e medie, bruscamente contratte in un brevissimo picciolo, in modo da apparire quasi sessili, per la lamina oblungo-ellittica non molto sviluppata, sempre glabra, ottusetta all'apice, abbastanza spessa e qualche volta coriacea, perfettamente omocroma e cioè con clorofilla dello stesso colore, sia nel lacunoso, che nel palizzata, colorazione di un verde glauco. La somiglianza delle foglie con alcuni *Hypericum* nostrani (es.: *H. hircinum*, *quadrangulum*, *perforatum* ecc.) è grandissima. Tale è l'*A. hypericifolium* nella forma che noi consideriamo tipica: laddove nella *A. nevadense* Good. — pianta più sviluppata in ogni parte — le foglie superiori, di forma ovale-rotondata, si attenuano in un manifesto picciuolo, dando luogo ad una spiccata eterofillia che può essere paragonata, fino ad un certo punto, a quella che ha luogo negli *Eucalyptus*, che ricorda per il perfetto omocromismo della clorofilla, la glaucedine, la compattezza ecc.

Riconduciamo nel ciclo l'*A. cordigerum* Greene che, come dice il nome, è la forma in cui le foglie maggiormente si allargano foggiandosi a cuore alla base, congiunte, con il tipo, da tutti i possibili intermediarî: forma naturalmente omofilla. Nè vi mancano forme a stenofillia più o meno pronunciata descritte dal Greene sotto i nomi di *A. salignum* ed *A. oblongum*, e quella distribuita dal Wooton sotto il nome di *A. angustifolium*, ma che pur sempre mantengono i caratteri del tipo sopra descritto.

Nella stirpe di *A. medium* la intermediarità con le precedenti si rivela anche nei tipi fogliari. Così il tipo « androsemifolio » si riscontra in *A. medium*, *A. macrophyllum* (quivi però le foglie sono sessili o quasi), *A. speciosum*, *A. insigne*, *A. incanum* ed *A. vestitum*, quello ipericifolio in *A. pseudomedium* (foglie però con le due pagine dicroiche!) ed *A. laurinum* (con la pagina inferiore pelosetta) ed *A. ciliolatum* (qui sono puberule ambedue le pagine), mentre in *A. lividum* vi è

un tale polimorfismo da esserci rappresentati i due tipi precedenti e tendenza a raggiungere anche il tipo rododendroide.

Interessanti sono i caratteri offerti dall' indumento pilifero, anche perchè si prestano a distinzioni sistematiche: interesse che risiede, non nella struttura dei peli (costantemente brevi, unicellulari, mai glandolosi), ma nella loro distribuzione che merita di essere studiata in rapporto con quella del fusto, delle infiorescenze e del fiore. A questo riguardo diremo che nelle specie euro-asiatiche il lembo cartilagineo biancastro è scolpito in *A. venetum* da numerose e minute incisioni che nella var. *scabrum*, a quanto sembra, assai rara e propria all'Asia centrale, si riscontrano anche lungo le nervature in corrispondenza della pagina inferiore: incisioni marginali più rare e che possono mancare in *A. pictum* ed *A. Hendersonii* la cui pagina inferiore può essere glabra od anche minutamente scabra.

Tutti gli *Apocynum* americani hanno margine intero, fatta eccezione di *A. laurinum* in cui vi sono piccole prominenze già poste in evidenza dal Greene. Ma in questi la genuina pubescenza acquista ben maggiore valore.

Nel ciclo di *A. androsaemifolium* abbiano considerato come tipo la forma a foglie glabre: le var. *puberulum* ed *incanum* hanno invece le foglie nella pagina inferiore più o meno densamente pelose. L'*A. griseum* Greene, che noi riconduciamo a tale ciclo, ha foglie grigie per una fitta peluria che occupa ambedue le pagine, e pelosi sono anche il fusto, gli assi fiorali ed i calici. Esso esprime nel ciclo il *maximum* di tricofilia a noi noto.

Nell'affine *A. ambigens*, infiorescenza e calici sono sempre glabri, ma pel tipo greeniano riteniamo la forma pelosetta nella pagina inferiore delle foglie, e come var. *bicolor*, descritta come specie dal Mac Gregor, la pianta a foglie completamente glabre. Nel polimorfo ciclo di *A. pumilum* (Asa Gray) Greene, quantunque Asa Gray, cui si deve il nome, nulla abbia detto a riguardo dell' indumento tricomatoso ed il Greene abbia accennato nella sua prima diagnosi a pianta pelosa, ci siamo indotti a tenere per il tipo la forma glabra in ogni sua parte (e quindi parallela ad *A. androsaemifolium* α); e tali sono i Greeneani: *A. cardiophyllum* (*rotundifolium*), *A. Austinae*, *A. cercidium*, *A. calophyllum*, *A. paniculatum*, *A. ovolifolium*, *A. rubicundum*, *A. xylostaceum*, *A. plumbeum*, *A. stenolobium*, sinonimi o semplice forme di quello. All'estremo opposto sta *A. tomentellum* Greene (= *A. androsaemifolium* var. *detonsum* Piper) con foglie in ambedue le pagine, fusto, infiorescenze e calici coperti di un fitto tomento: forma quindi parallela ed *A. griseum* del ciclo precedente. Tomentelli sono pure *A. rhomboideum* ed *A. pulchellum* strettamente affini al precedente. Fra questi due estremi si intercala l'*A. Milleri*, parallelo alla var. *puberulum* di *A. androsaemifolium* e ad *A. ambigens* α e la varietà che chiamiamo *intermedium* una forma, cioè, a foglie pubescenti nella pagina inferiore (e con qualche raro peluzzo nella superiore) a fusto glabro, infiorescenza e calici glabri o con rarissimi peli. Sembra dunque che il carattere sia in fluttuazione. Nel ciclo di *A. cannabinum* tenemmo pel tipo la pianta glaberrima e con il nome di *puberulum* ed *incanum* designammo le varietà con foglie più o meno fittamente pubescenti nella pagina inferiore, esattamente parallele alle omonime del ciclo di *A. androsaemifolium*.

Puberula nella pagina inferiore è anche la varietà *palustre*, mentre la parallela ad *A. griseum* ed *A. tomentellum* si rinviene in *A. pubescens* R. Br., qui avvertendo che la pagina inferiore può essere anche glabra, che il fusto è spesso indistintamente peloso (specialmente quando adulto in seguito, a quanto pare, a caduta dei peli) e che il calice è qualche volta incospicuamente pilifero. Evidenti fluttuazioni del carattere! Sono glabre le varie forme stenofille descritte sotto i nomi di *A. album*, *A. isophyllum*, *A. estellinum*, ecc.

A questa stirpe appartiene, come specie a sè, *A. procerum*, debolmente pubescente nelle due pagine fogliari (o del tutto glabre), nella infiorescenza con qualche raro pelo, tutto il resto del fusto perfettamente glabro. Altrettanto si comportano *A. Greeneanum* ed *A. nemorale*, ma la pubescenza fogliare è alquanto più densa, qui avvertendo che il secondo ha una var. *glabrum* Nob. Sono completamente glabri o, quanto meno, non sono noti che sotto tale forma, gli *A. neogeum*, *A. arenarium*, *A. missouriense* ed *A. ithacense*.

Sembra da ciò potersi dedurre che, limitatamente alle due stirpe sin qui esaminate, la prima parte ad essere investita dalla tricofilia è la pagina inferiore delle foglie, quindi da questa si passa alla regione dell'infiorescenza e nei calici, e finalmente, in alcune forme, alla pagina superiore della foglia: carattere che di solito coincide con la pelosità di tutto il fusto e, quindi, di tutta la pianta. Se non ci sono noti casi di fusto peloso e di foglie glabre, ci è egregiamente noto il caso di una stirpe con costituenti interamente glabri e cioè *A. hypericifolium*. La glabrescenza si associa ad una più o meno intensa glaucedine della pianta e alla uniforme e debole colorazione della clorofilla, per cui le due pagine di ciascuna foglia appaiono d'un colore verde sbiadito. Una eccezione vien data da *A. palustre* Greene con foglie omocrome di un verde pallido, glaucescente, mentre nella pagina inferiore si nota minuta pelurie e può essere assunta quale forma di collegamento fra il tipo cannabinoide e l'ipericifolio: di essa del resto non vedemmo che gli autotipi.

Quanto alle entità della stirpe assai polimorfa di *A. medium* è completamente glabro *A. pseudomedium*, hanno fusto glabro e pagina inferiore della foglia più o meno densamente pubescente e così anche le infiorescenze e i calici (che possono essere anche glabri) *A. medium*, *A. macrophyllum*, *A. insigne*, *A. speciosum*, *A. laurinum*, fusto glabro e minutamente pelose le due pagine delle foglie, ciliolate le brattee, i sepali e i lobi corollini l'*A. ciliolatum*, fusto minutamente peloso, ma glabra la pagina superiore della foglia l'*A. sarniense*, fusto ed ambedue le pagine fogliari, e s'intende, infiorescenza e calici gli *A. vestitum* ed *A. incanum*, i quali sono perciò nella stirpe i paralleli di *A. griseum* nel ciclo di *A. androsaemifolium*, di *A. tomentellum* in quello di *A. pumilum* e di *A. pubescens* nel ciclo di *A. cannabinum*.

Finalmente nel ciclo di *A. lividum* si dànno forme interamente glabre ed altre con la pagina inferiore minutamente pubescente, infiorescenze e calice restano sempre glabri. Gli *A. sarniense* ed *A. ciliolatum* costituiscono eccezioni alla legge riscontrata nelle stirpi di « androsaemifolium » e « cannabinum » nel senso che il primo ha fusto pubescente ma la pagina superiore delle foglie è glabra, mentre il secondo con ambedue le pagine puberule, ha fusto glabro. Dunque quella legge non ha valore generale!

Forma, grandezza e distribuzione dell'indumento tricomatoso offrono caratteri morfologici di largo impiego sistematico. Altri ne presenta l'apparato fogliare cui non è possibile fare assegnamento, ma tuttavia meritano di essere conosciuti.

La nervazione è, senza eccezione, penninervia con un unico nervo centrale robusto da cui si dipartano alternativamente nervi secondarî che di regola non raggiungono il margine curvandosi in alto: il reticolo nervoso è fitto nelle specie neogee con foglie spesse, in tutte ben visibile: nel gerontogeo *A. pictum* e spesso in *A. Hendersonii* lo spessore raggiunto dal mesofillo ed il raggrinzamento dell'epidermide nascondono il reticolato nervoso formato da nervi secondarii, ma basta una sezione trasversale a metterli in evidenza.

Alle due estremità della linea d'inserzione del picciuolo esiste una minutissima appendice interpretata dal Lubbock (1) come una stipola e riconosciuta glandolosa nell'*A. androsaemifolium* nel quale l'A. l'ha segnalata. Noi la riscontrammo in tutte le specie: in *A. venetum* ed *A. cannabinum*, accanto ad una maggiore, ne esiste spesso un altra meno sviluppata, sicchè essi sono due per lato. Hanno forma lineare allungata e colorazione rossastra. Secondo il Bonnier (2), in questi organi vanno ad accumularsi sull'inizio degli zuccheri, che vengono in seguito ceduti alla foglia, mai avendo osservato emissione di liquido all'esterno. La loro funzione sarebbe, dunque, esclusivamente fisiologica. Costanti in tutte nelle ultime partizioni dell'infiorescenza sono pure minute bratteole (ipsofilli) di forma lineare-lesiniforme, solitarie od opposte alla base dei peduncoli fiorali, sparse lungo i peduncoli stessi, persistenti od anche caduche, spesso assai allungate (come nella stirpe di *A. cannabinum*), dove e precisamente in *A. nemorale* e *A. Greeneanum* raggiungono il massimo della strettezza e della lunghezza: sono cigliolate al margine in *A. ciliolatum*. Nelle specie americane ed in *A. venetum* brusco è il passaggio fra le foglie normali e le stipole, laddove in *A. Hendersonii*, e specialmente in *A. pictum* (la specie, come dicemmo, più decisamente stenofilla del genere) vi sono, su di uno stesso individuo, tutti i possibili passaggi fra i nomofilli e gli ipsofilli: vale quanto dire che la trasformazione si fa gradualmente.

Quanto alla disposizione delle foglie lungo il fusto e sui rami necessita di esser detto che le foglie cotiledonari e le primordiali sono opposto-decussate, notandosi in seguito una rimarchevole differenza fra le specie euro-asiatiche e le americane. Nelle prime e, cioè, in *A. venetum* è manifesta la tendenza a divenire alterne, fatta eccezione negli internodii inferiori e in quelli dei rami secondarî e qua e là nella infiorescenza: sparse sono per gran parte in *A. Hendersonii* ed *A. pictum*. Nelle seconde, invece, pur non mancando una tendenza alla disposizione sparsa, specialmente lungo il fusto principale, è prevalente, come dicemmo, l'opposta. In *A. lividum*, che tocca l'opposizione forse più perfetta (non completa!) nei rami, domina l'opposizione più perfetta nelle foglie.

(1) J. Lubbock, *On stipules, their forms and functions*, parte II (in « Journ. Linn. Soc. Bot. », vol. XXX [1895], pag. 508).

(2) G. Bonnier, *Les nectaires. Étude critique, anatomique et physiologique* (in « Ann. Sc. Natur., Botanique » 6ª ser., tom. VIII [1879], pag. 92).

Quanto alla posizione della lamina fogliare, essa è o tende ad essere verticale e cioè facente un angolo più o meno acuto col fusto nelle specie e forme stenofille. In quelle ad ampio fogliame (tipo *A. androsaemifolium*) è più o meno nettamente plagiotropa, ma in esemplari diversi del tipo da noi incontrati nelle collezioni e specialmente delle due specie affini (*A. ambigens* ed *A. pumilum*) si osserva la curiosa particolarità che hanno i picciòli di disporsi con un angolo molto aperto con il fusto e di flettersi in basso in modo da portare la foglia parallelamente al fusto. In ambedue i casi, che possono riscontrarsi anche su varî rami di uno stesso individuo (negli assi secondari prevalentemente il primo, nel principale il secondo) le radiazioni solari colpiscono l'organo in direzione parallela, mentre nel caso che il movimento si compia in una coppia di foglie opposte (e ciò avviene bene spesso) le due foglie appressano le rispettive pagine inferiori che vicendevolmente, almeno in parte, si ombreggiano. Parrebbe, dunque, che si trattasse, come in tanti altri casi consimili, di adattamento di tipo xerofilo diretto ad abbassare il tono della traspirazione in coincidenza — sebbene le etichette di Erbario siano per lo più eloquentemente mute a tale riguardo — di stazioni esposte alla diretta insolazione in cui la pianta si trova a vegetare. D'altra parte, tenendo presente che le foglie nelle specie citate terminano in apice più o meno allungato ed a forma di doccia viene fatto di pensare se tale posizione non sia determinata dal bisogno del rapido scolamento dell'acqua e che debbano ricondursi al tipo biologico delle « Regenblätter » quale è inteso dallo Stahl e quale fu largamente esemplificato e suddiviso dall' Hansgirg (cfr. le figure di due specie di *Miconia* riportate alla pag. 112 del lavoro dell' Hansgirg [1]). Questione controversa cui qui accenniamo, ma sulla quale ulteriori e più attendibili dati non è possibile di apportare se non con dirette osservazioni in natura e con le colture in mezzi diversi delle forme che lo presentano.

E giacchè abbiamo accennato ai movimenti del picciuolo diremo che anche questo organo ha una certa importanza nella sistematica del genere. Qui ricordiamo che in *A. venetum* la forma tipica, quale cresce nelle arene dell'estuario veneto-padano e nel triestino, si distingue da quelle dell' Europa orientale e dell'Asia per il picciuolo brevissimo sicchè questo carattere, a chi vi abbia fatto l'occhio, può servire a riconoscere se l'esemplare in esame sia o no di provenienza italiana: ma non mancano intermediarî. In *Apocynum Hendersonii* il picciuolo fogliare è ancora ben distinto, laddove in *A. pictum* si può dire che esso non è più distinto dal resto della lamina. Rimandiamo, per le specie americane, a quanto abbiamo detto sui tipi fogliari, qui ricordando che la maggiore lunghezza da noi constatata è nei cannabinoidi *A. nemorale* ed *A. Greeneanum*, cui fa riscontro la massima brevità del picciuolo delle foglie inferiori e medie negli ipericifolii.

La struttura anatomica delle foglie può fornire qualche buon carattere differenziale (da adoperarsi però con molto discernimento): ma gli studii e le ricerche fatte in questa direttiva sono ancora assai scarsi.

(1) A. Hansgirg, *Phyllobiologie*. Leipzig, 1903, pag. 112. Fra i varî tipi fogliari realizzati dalle foglie delle *Apocinacee* l'A. (p. 340) annovera il « Ficus-Typus der träufelspitzigen Regenblätter » che è quello che più si avvicina al nostro tipo « androsemifolio ».

In una sezione trasversale della porzione picciolare di *A. venetum* troviamo dall'esterno all'interno: epidermide formata da una sola assisa di cellule quadrate o stirate un po' radialmente, quindi rettangolari, a parete esterna fortemente ispessita e glabra: ipoderma costituito da un'assisa continua ed unica di cellule a sezione quasi quadrata, alternanti con le precedenti, da cui si distinguono per il diametro maggiore, evidente continuazione di ciò che il Garcin chiama esoderma nel fusto: parenchima corticale costituito all'esterno, specialmente ai lati ed in corrispondenza della pagina superiore, di collenchima, quindi di cellule arrotondite e a pareti non ispessite con intercalate cellule gommose: parenchima separato dai tessuti del centro da un netto endoderma fortemente amilifero che abbraccia solo il lato dorsale del

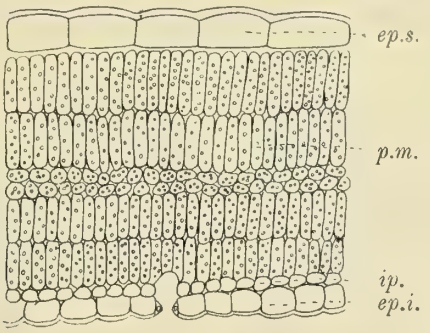


Fig. 7. — Sezione trasversale della lamina fogliare di *Apocynum venetum* del Lido di Venezia: *ep.s.* = epidermide superiore; *ep.i.* = epidermide inferiore; *ip.* = ipoderma; *p.m.* = parenchima mesofillare.

fascio incuneandosi in vicinanza del lembo anche ai lati: il tessuto periciclico formato da un parenchima ricco di vasi laticiferi ed al quale segue la regione percorsa dal fascio fibro-vascolare unico e a forma di ferro di cavallo che nulla presenta di notevole. Nessuna differenza essenziale abbiamo riscontrato nel tipico *A. cannabinum*, mentre nella var. *album* trovammo che la guaina endodermica circonda d'ogni intorno la zona periciclica.

Una sezione trasversale della lamina di *A. venetum*, quale cresce nei lidi attorno a Venezia, rivela (fig. 7) un'epidermide superiore formata di cellule rettangolari stirate tangenzialmente ed una epidermide inferiore con cellule di sezione quasi quadrata. In ambedue la parete esterna è ispessita, ma diritta. Il mesofillo è monofacciale, e cioè con due assise di palizzata per ogni lato separate nella zona centrale da due serie di elementi tondeggianti a cloroplasti più radi e con cellule gommose. Il palizzata, in corrispondenza della pagina inferiore, è separato dall'ipofillo da una assisa unica di cellule subisiodiametriche, prive di clorofilla, a lume più piccolo di quello delle cellule epidermiche a parete alquanto ispessita, che costituiscono un ipoderma in continuazione di quello del fusto e del picciuolo: ipoderma che, in corrispondenza dei lati, può anche sdoppiarsi in due assise di elementi e che si continua in corrispondenza dei fasci in un collenchima che circonda la zona cribo-vascolare. Tale descrizione differisce notevolmente da quella data dal Garcin che attribuisce

alla foglia di questa specie una epidermide inferiore a « paroi externe bombée », una struttura bifacciale con una serie di cellule a palizzata in corrispondenza della pagina superiore, un parenchima lacunoso in quella inferiore e tace sull' ipoderma evidentissimo nella pianta veneziana.

Può darsi che l'A. abbia preso ad esame foglie di individui coltivati all'ombra, a spiccato plagiotropismo, laddove nella pianta del Lido di Venezia le foglie sono quasi verticali ed investite da ambedue le faccie dalla radiazione solare quasi con la stessa intensità. Sta il fatto che, nella vasta area della specie, abbiamo trovato, nelle collezioni da noi esaminate, foglie a lembo subisiodiametrico, quasi orbicolari, a tessitura molto sottile: caratteri frequenti nelle piante coltivate negli Orti botanici. Aggiungiamo che, in una sezione trasversale della var. *ellipticifolium*, fatta su materiale secco, il mesofillo si è rivelato bifacciale, ma le cellule epidermiche non erano papillose.

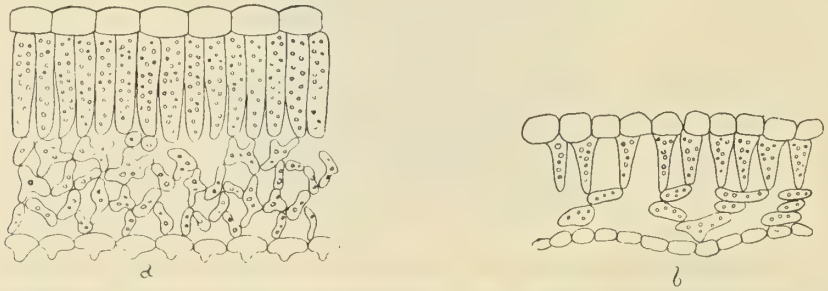


Fig. 8. — Sezione trasversale della foglia di *Apocynum androsaemifolium*: *a* = forma eliofila, *b* = forma eliofoba (dal lavoro del Clements, *The relation of leaf structure* ecc.).

Foglie spesse, quasi cartilaginee, presentano le due specie asiatiche *A. Hendersonii* ed *A. pictum*. Nel primo, esaminato sul secco, in uno stesso individuo alcune foglie mostrano il solo nervo centrale, altre anche i secondarii: ma in sezione è facile persuadersi che anche i secondi esistono sempre. Le cellule epidermiche sono distintamente papillose in ambedue le pagine, specialmente nell' inferiore, e qua e là producono i minuscoli peli, a pareti molto ispessite: il mesofillo è monofacciale come in *A. venetum*. Nel secondo, apparentemente con la sola nervatura principale, l'epidermide è manifestamente papillifera nella pagina inferiore, con la parete esterna soltanto ricurva nella superiore, eccetto che in corrispondenza della nervatura mediana, nella quale è papillosa. Nulla possiamo dire sulla presenza o mancanza dell' ipoderma, poichè a nostra disposizione non avemmo che materiale secco d' Erbario.

Quanto alle specie americane, la struttura anatomica di *A. androsaemifolium* fu studiata dal Clements (1): essa è tipicamente bifacciale, e resta tale, pure subendo variazioni in rapporto con l' *habitat* della specie. Nella forma eliofila (fig. 8*a*), vivente nelle ghiaie della regione subalpina, l'epidermide superiore ha pareti diritte o un po'

(1) E. S. Clements, *The relation of leaf structure to physical factors*, in « Trans. of the Amer. Microscop. Soc. », 1905, pag. 71, tav. VIII, fig. 5 *a-b*.

curve; l'inferiore, invece, e distintamente papillosa; il clorenchima misura 145 μ, dei quali il palizzata, molto denso, 85 μ; il lacunoso è pure fitto.

Nella pianta eliofoba (fig. 8 *b*), vivente nei boschetti di questa regione, le due epidermidi sono più o meno distintamente papillose; il clorenchima misura 70 μ, di cui 30 il palizzata; il lacunoso è molto lasso. Non sono, per parte nostra, rimossi i dubbî che la pianta eliofila non corrisponda per avventura al nostro *A. ambigens* (Garcin descrive papillifere ambedue le epidermidi di *A. androsaemifolium*), e richiamiamo l'attenzione dei botanici americani sulle forme pachifille di *A. pumilum*, in cui tutto lascia credere che le variazioni in questione siano per essere anche più accentuate. In *A. cannabinum* la struttura della foglia corrisponde presso a poco a quella della forma eliofila di *A. androsaemifolium* (conferma questo pure il Garcin a tale proposito): ma quanto s'è visto negli Erbarii ci induce a credere a forti variazioni nel

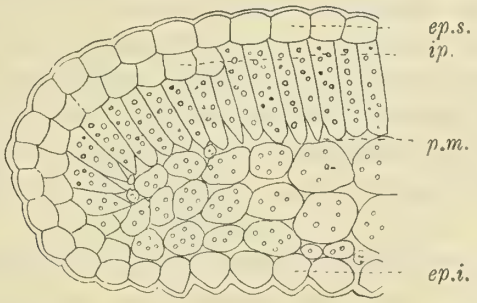


Fig. 9. — Sezione trasversale del margine fogliare di *Apocynum cannabinum* var. *album*: *ep.s.* = epidermide superiore; *ep.i.* = epidermide inferiore; *ip.* = ipoderma marginale; *p.m.* = parenchima mesofillare.

mesofillo nel senso di quelle fatte conoscere dal Clements. Nella sua var. *album*, in base alla pianta vivente a Roma e da noi esaminata, l'epifillo ha cellule a parete esterna molto ricurva: quelle dell'ipofillo sono nettamente papillose. Il mesofillo, a tipo bifacciale, corrisponde a quello del tipico *A. cannabinum*. Da tutto ciò si può dedurre che, nelle forme più decisamente eliofobe, si osserva il massimo di curvatura nelle cellule: nelle eliofile, o è papilloso solo l'ipofillo (e, quindi, delle due epidermidi, quella più ombreggiata), od ambedue le epidermidi (*A. venetum* da noi studiato!) sono a pareti diritte o quasi.

Nè il Garcin, nè il Clements accennano all'ipoderma da noi riscontrato in *A. venetum*; e difatti manca nelle due specie americane sopra citate. Però lungo i margini fogliari esistono, al disotto dell'epidermide, uno o talvolta due strati di un parenchima incoloro che in *A. cannabinum* var. *album* (fig. 9) si prolunga per un certo tratto lungo i lati e che ha tutti i caratteri dell'ipoderma di *A. venetum*, indubbiamente con funzione di difesa marginale (in generale più attenuata rispetto alle specie euro-asiatiche, in cui il margine è decisamente cartilagineo).

4) Infiorescenze. — Il gen. *Apocynum* ripete il tipo di ramificazione proprio alla famiglia delle Apocinacee: esso, cioè, è una ramificazione monopodiale. Sul

monopodio, che rappresenta l'asse principale, vengono ad inserirsi più o meno numerosi assi secondarii che sono altrettanti monopodii destinati a diventare fertili od a restare vegetativi, formando altrettante cime più o meno ricche. D'altra parte, confrontando le figure delle varie specie ritratte nelle tavole I-IX, si vede come l'infiorescenza può essere abbastanza diversamente conformata, così da dare a molte di esse un'impronta speciale per cui possono essere riconosciute. In tutte l'asse principale è riconoscibile per il maggior diametro, ma diversa è la lunghezza e la fertilità dei monopodii secondarî che possono anche notevolmente sorpassare il principale ed essere scambiati con questo.

Descriviamo i tipi principali, a cui gli altri sono riducibili:

1° tipo: **A. venetum.** — All'ascella delle foglie dell'asse principale, per lo più alterne, si sviluppa una gemma unica che dà luogo ad assi secondarî normalmente fioriferi (tranne i più bassi), che raggiungono la stessa altezza del principale od anche lo sorpassano, sebbene non di molto. In tutti le gemme fiorali si originano solo nella parte alta di ciascun asse, sicchè l'infiorescenza appare terminale. Gli assi portanti i fiori sono alterni (raramente opposti) nascono all'ascella di foglie modificate od anche di foglie bratteiformi e di vere brattee. Qualche volta la regione della infiorescenza è molto allungata, nuda, e non di rado il monopodio principale e sue ramificazioni supera i secondarî ricordando da vicino una infiorescenza a grappolo.

A questo tipo vanno riferite le altre due specie asiatiche (*A. Hendersonii* ed *A. pictum*).

2° tipo: **A. androsaemifolium.** — Come abbiamo già detto, le foglie del monopodio centrale sono per lo più opposte: i monopodii secondarî possono essere opposti e cioè originarsi ognuno all'ascella di una foglia, od anche alterni: più di frequente, alcuni alterni, altri opposti sullo stesso individuo. I secondarii sono più brevi del principale o della stessa altezza, mai o quasi mai notevolmente più lunghi, tutti inserentisi all'ascella di foglie vegetative immutate, di guisa che l'infiorescenza apparisce essere riccamente fogliosa. A differenza, inoltre, del tipo precedente, nei nodi superiori, sia del monopodio principale, come dei secondarî, si sviluppano una o due gemme per lato, le quali dànno luogo ad uno o due brevi assi terziarî, per lo più privi di foglie e che si sfioccano in alto in una cima che può ulteriormente bi-tripartirsi. Sono, dunque, gemme con funzione riproduttiva o gemme fiorali, la cui presenza, lungo gli assi primarî e secondarî, infonde al tipo una particolare fisionomia.

A questo tipo devono esser ricondotti *A. ambigens* ed *A. pumilum.*

3° tipo: **A. cannabinum.** — A differenza dei due tipi precedenti, l'asse principale (e quindi il monopodio centrale) si arresta ben presto nel suo sviluppo e diventa precocemente fiorifero con cima spesso assai ricca di fiori. Al disotto di esso, sempre ascellarmente, si sviluppano uno o due assi secondarî per ogni nodo, spesso diametralmente più robusti dell'ultimo internodio dell'asse principale e sempre notevolmente più lunghi, riccamente fogliosi, e che diventano fioriferi in alto. Ma bene spesso ciascuno degli assi secondarî va incontro, in uno o più nodi sottostanti, ad una o due partizioni, di cui la centrale (che qualche volta è laterale) rappresenta la terminazione dell'asse secondario e quindi una cima secondaria, mentre gli assi sotto-

stanti sono assi o monopodii di terzo ordine, e così successivamente. Ne risulta un monopodio assai irregolare, con lunghe cime più o meno distanti fra di loro, nascoste e protette nel fogliame: ciò che dà al tipo un'impronta speciale che permette di nettamente differenziarlo dai due precedenti.

Appartengono al tipo tutti i costituenti la stirpe *cannabinum* e tutte le varietà e forme a noi note di *A. hypericifolium.*

4° tipo: **A. medium.** — Questo tipo si può in certo modo ritenere intermediario fra i due precedenti, nel senso che sessualmente maturi (e cioè fioriferi) diventano, sia i monopodii principali, come i secondarî; ma questi ultimi non sono nè più brevi come nel tipo 2, nè più lunghi come nel tipo 3, ma tendono a raggiungere presso a poco la stessa altezza del centrale. Ne risulta così una cima corimbiforme di cui, come mostrano le figure, i più tipici esempî sono dati da *A. medium* (tav. VIII, fig. 2), *A. speciosum* (tav. VIII, fig. 6), *A. insigne* (tav. IX, fig. 1), *A. ciliolatum* (tav. IX, fig. 4), *A. incanum* (tav. IX, fig. 5), ed *A. vestitum* (tav. IX, fig. 6). In altre specie, l'infiorescenza, ora è prevalentemente androsemoide, ora prevalentemente cannabinoide: e questa intermediarità in nessun ciclo è così bene scolpita come in *A. lividum* di cui troviamo forme a cima corimbiforme, altre quasi androsemoidi ed altre con monopodio centrale precocemente fiorifero e notevolmente sorpassato dai secondarî che restano sterili o più tardivamente fioriferi, e quindi di tipo cannabinoide.

Quanto alla pubescenza, la zona degli assi fiorali si distingue bene spesso dalla zona esclusivamente vegetativa per la presenza di minuti peli, specialmente negli ultimi internodii. Così nelle specie euro-asiatiche è questa l'unica regione del fusto pilifera. Rimandiamo a quanto già fu detto nelle pagine precedenti per le specie americane fra le quali ve ne sono alcune in cui la glabrizie si stende in tutta la pianta e quindi anche nella regione dell'infiorescenza; ma è certo che è questa una delle prime a coprirsi di peli quando la pianta dimostra tendenza alla tricofilia nelle foglie.

II.

Fiore e sua morfologia.

L'architettura fiorale degli *Apocynum* è di una grande uniformità, non solo nelle sue linee generali, ma anche in parecchi particolari. Tuttavia, nonostante la fluttuazione cui alcuni caratteri vanno soggetti, l'esatta sua conoscenza giova per la sistemazione delle specie e per la circoscrizione delle stirpi, ed anzi può fornire qualche lume sulla filogenesi del genere. È giuocoforza di rendercene conto a cominciare dai caratteri comuni (tav. XI).

Tutti gli *Apocynum* hanno calice ben distinto ed indipendente dalla corolla, e sono quindi diclamidi, stami inseriti sulla corolla e, quindi, corolliflori. La simmetria pentamera o quinaria corre inalterata sino all'androceo. Abbiamo quindi un calice costituito da cinque pezzi, in grande parte liberi disposti in prefloratione quinconciale: due pezzi sono totalmente esterni, due totalmente interni, uno per metà esterno e per

l'altra interno. La corolla gamopetala risulta di 5 pezzi saldati sin verso la metà od oltre, alternanti con i sepali, con una parte libera e cioè con lobi ora eretti, ora patenti ed anche curvati in fuori, a preflorazione contorta a sinistra. La simmetria pentamera s'interrompe in corrispondenza degli stami che sono 5 e opposti ai sepali (e quindi alternanti con i pezzi corollini).

Ogni stame risulta di un filamento e di un'antèra: filamento libero, breve, verso il punto di distacco peloso all'interno: antera introrsa sagittato-auricolata con orecchiette prolungate lungo il filamento, terminate all'apice da un appendice membranosa, breve (carattere che nelle Asclepiadacee raggiunge il massimo di bizzarra complicazione) e con polline solo nella metà superiore. Le antere normalmente si applicano verso la metà lungo un cercine che divide in due parti lo stigma, e finiscono per concrescere o quanto meno per aderirvi fortemente. Alterne con i cinque stami e situate in fondo alla corolla esistono cinque minute squamette le quali riescono contrapposte ai lobi corollini mentre sovraincombono alle ghiandole nettarifere situate alla base del nettario. Questa posizione, ed il fatto che la parte libera è conformata a cappuccio, induce a interpretarle come aventi funzione nettarostegica. Ad un primo esame vi si potrebbero vedere gli avanzi trasformati, in grazie della funzione, dei cinque stami opposipetali. Ma poichè nel genere le foglie posseggono minute stipole, mentre in altre Apocinacee organi appendicolari furono riscontrati ai lati o contrapposti ai sepali, in altre ai lati dei petali, ci sembra più conforme al vero l'attribuire ad essa una origine stipulare, nonostante occupino la stessa posizione degli stami opposipetali in una perfetta (originaria?) simmetria pentamera.

Aggiungiamo, inoltre, che l'*A. venetum* nelle stazioni veneziane dove avemmo modo di poterlo osservare su ricco materiale, si è rivelato fiorifero, ma con fiori completamente sterili: tale sterilità è dipendente dalla quasi completa atrofia delle cellule polliniche.

La simmetria pentamera è pure compromessa nel pistillo in quanto risulta, come nella massima parte dei generi della famiglia, di due carpelli, indipendenti nella porzione in corrispondenza dell'ovario, saldati in corrispondenza dello stilo, che è sormontato da uno stimma capitato. Del resto è eloquente, pure restando nell'àmbito della famiglia delle Apocinacee, la presenza di alcuni generi (*Pleiocarpa*, *Notonerium*, *Lepinia*) con pistillo a 3-5 carpelli.

Il frutto, a tipo di follicolo fusiforme assai allungato rispetto al diametro trasversale, contiene molti semi oblunghi coronati da un pappo sessile, sericeo, posto all'estremità micropilare: l'embrione è circondato di albume carnoso (1).

Lo sviluppo organogenetico del fiore di *Apocynum cannabinum* fu studiato dal Payer (2) ed importanti particolari vi aggiunse il Legget (88): in questi ultimi anni Fry e Blodgett (89) hanno investigato lo sviluppo dell'androceo di *A. androsaemifolium* in rapporto specialmente alla genesi delle antere e dei granuli pollinici. Rimandiamo senz'altro a questi tre lavori, qui premendoci d'insistere alquanto su caratteri fiorali che hanno impiego nella sistematica e di cui, in ogni modo, necessita

(1) Vedansi altri dati, a proposito dei caratteri del genere, nella parte sistematica.

(2) Payer, *Organogénie de la fleur*, pag. 564.

di esser conosciuto il grado della costanza e della fluttuazione di cui sono investiti. Diremo anzitutto che i fiori sono tutti peduncolati con peduncolo più lungo del calice subeguale alla corolla, eretto, patente o con tendenza a curvarsi. I sepali, nelle specie euro-asiatiche, sono brevissimi, lunghi 2 mm. (e quindi costantemente più brevi della corolla), minutamente piliferi. Questa è mediocre in *A. venetum*, lunga 5-7 mm. con i lobi non oltre l'$^1/_3$ superiore, eretti od un po' patenti, di colore roseo-carneo più intenso lungo le nervature, papillosa all'esterno ed all'interno (tav. XI, fig. 1). Essa è di forma cilindroidea-campanulata, un poco allargata alla fauce. È, invece, largamente campanulata, ed anzi pelviforme, in *A. pictum* ed *A. Hendersonii*, con tubo breve e largo in corrispondenza della fauce (in quest'ultima specie ben 15-18 mm.); i lobi sono patenti od un po' ricurvi in fuori (tav. XI, fig. 2).

Nelle specie americane i sepali, che possono esser glabri o pelosi, sogliono essere più lunghi e quindi raggiungono o talvolta superano la metà della lunghezza della corolla. Nella stirpe di *A. androsaemifolium* sono larghi e corti e, quindi, di forma triangolare; in quella di *A. cannabinum* ed *A. hypericifolium* stretti e lunghi, e quindi filiformi, il massimo della stenosepalia essendo raggiunto da *A. nemorale* ed *A. Greeneanum* (tav. XI, fig. 5). Nella stirpe di *A. medium* si dànno tutte le possibili combinazioni fra le forme larghe e corte, oppure strette e lunghe: variazioni che talvolta si possono constatare anche su individui di ciascuna delle specie prese in esame, qualunque sia la stirpe cui appartengono. La corolla raggiunge il massimo dello sviluppo nella stirpe « *androsaemifolium* » dove è di forma campanulata con i lobi nettamente ricurvi in fuori e la fauce ampia (tav. XI, fig. 6); ma *A. ambigens* ed *A. pumilum* ed il gregge delle loro forme segnano tutti i possibili passaggi al tipo di corolla cilindroidea ed a lobi eretti o patenti. Le dimensioni oscillano fra 4 e 6 mm. Corolla piccola, in media non superante i 3 mm. e di forma cilindroidea, spesso un po' ristretta in corrispondenza della fauce e perciò di forma urceolata caratterizza le stirpi *cannabinum* ed *hypericifolium* (tav. XI, fig. 3). Con la piccolezza dell'organo va congiunta la scomparsa totale o parziale della colorazione antocianica: i fiori sono, perciò, descritti biancastri o bianco-verdastri. Come aveva già messo in evidenza il Miller (100) in *A. cannabinum* — e, aggiungeremo noi, in *A. hypericifolium* — accanto a forme parviflore esistono forme a corolla un po' più grande (tav. XI, fig. 4): ed anzi le specie stabilite di recente a spese del Linneano *A. cannabinum* sono caratterizzate da corolla più grande, a fauce più ampia e spesso con traccie di colorazione roseo-carnicina. Insomma, mentre *A. androsaemifolium* può avere forme parviflore, *A. cannabinum* ed *A. hypericifolium* hanno forme grandiflore.

Quanto alla stirpe di *A. medium* (tav. XI, figg. 7-8), diremo che le entità, le quali si possono ritenere discese da *A. androsaemifolium*, se ne distinguono per la corolla un po' più piccola e con i lobi a tendenza a curvarsi in fuori (*A. medium*, *macrophyllum*, *pseudomedium*, *speciosum*, *insigne*, *lividum*), e quelle derivanti da *A. cannabinum* sono contraddistinte da corolla più grande del normale (*A. sarniense*, *laurinum*, *ciliolatum*, *vestitum*). In conclusione, negli Apocini del Nord-America, quanto alla fabbrica corollina, le specie estreme sono collegate da una catena continua di specie intermedie: fluttuazione che, sino ad un certo punto, può verificarsi anche tra le varie forme di una stessa specie o fra i varî individui di una

stessa forma, l'influenza di polline estraneo sembrando a noi abbia concorso nella determinazione di alcune di tali entità. Nessuna apprezzabile modificazione, a giudicare almeno sul materiale secco, investe gli organi essenziali della riproduzione.

Costante resta pure il numero dei follicoli e la forma di essi: le uniche variazioni apprezzabili risiedono nella diversa lunghezza e diametro. Nelle specie euroasiatiche misurammo frutti di *A. Hendersonii* lunghi ben 18 cm. (tav. II, fig. 6), mentre nella var. *brachycarpum* di *A. venetum* (tav. XI, fig. 16) i follicoli sono lunghi appena 10 cm. ma a diametro superiore del normale (8 mm.). La brachicarpia caratterizza pure qualche specie americana: ma il carattere della lunghezza, come pure quello della direzione dei frutti a maturità, ora eretti, ora penduli, va ulteriormente investigato *ad vivum*.

III.

Biologia fiorale e della disseminazione.

L'uniformità del piano strutturale dei fiori del nostro genere si ripercuote nella funzionalità biologica. Sull'argomento poche osservazioni ci fu possibile di fare, e queste sono limitate a una sola specie, l'*A. venetum*, che, come già fu detto, è da noi fiorifero, ma sterile. Tuttavia, per l'esatta comprensione del genere, gioverà darne qualche notizia, coordinando i nostri dati con quelli raccolti da altri botanici che s'occuparono dello stesso.

Risulta che le specie studiate a tale riguardo furono riconosciute come omogame (nel senso dato dallo Sprengel a questa parola, e cioè di contemporaneo sviluppo dello stigma e delle antere), mentre la posizione degli stami rispetto al pistillo è tale che, a prima giunta, fa pensare ad una disposizione autogamica. Sta d'altra parte il fatto che, ad eccezione di *A. Hendersonii* (ribattezzato recentemente col nome di *A. grandiflorum*) e, in parte, di *A. pictum*, e della stirpe « androsaemifolium », le corolle sono piccole e, in molte specie, di colore biancastro o verdastro. Là dove esiste colorazione antocianica, questa non è molto spinta, prevalendo le colorazioni di un roseo carnicino.

Però è da tenere presente che i fiori si riuniscono in cime abbastanza ricche e spesso compatte, e quindi finiscono per emergere là dove sono seminascoste dal fogliame dei varî monopodii. Abbiamo già accennato, nelle pagine precedenti, alla presenza di nettari costanti in tutte le specie (compreso l'*A. venetum*, da noi sterile!) ed il significato di difesa del nettare che, secondo il nostro modo di vedere, va attribuito alle squamette alternistaminali: stigmate indubbie di dicogamia. Va aggiunto che i fiori degli *Apocynum*, secondo attendibili osservazioni di parecchi botanici confermate dalle nostre, sono attivamente visitati da insetti di svariati gruppi (Coleotteri, Ditteri specialmente muscidi, Lepidotteri ecc.). Di questi, alcuni rendono reale servizio all'impollinazione eteroclina, e sono, perciò, da ascriversi a pronubi veri: altri sono visitatori occasionali, la cui visita riesce loro, anzi, fatale, trovan-

dovi la morte. Trattandosi di un particolare dicogamico non privo di interesse, crediamo utile di scendere ad alcuni dettagli.

Le prime osservazioni al riguardo devonsi ad un italiano, il Bartolozzi (1), che non vediamo ricordato fra quelli che in seguito si occuparono della biologia fiorale

Fig. 10. — *Apocynum androsaemifolium* e sua biologia fiorale (Dalla memoria del Bartolozzi, *Sopra le qualità* ecc.).

del nostro genere. Esse furono fatte nell'ultimo ventennio del secolo XVIII su di un esemplare di *A. androsaemifolium* coltivato a Milano; e, data la loro importanza e

(1) L'A. attribuisce la prima osservazione al noto botanico Cornuto: ma l'« Apocynum minus rectum canadense » da lui descritto nella « Historia plantarum canadensium » è una specie del genere *Asclepias* (= *A. incarnata* L.). Sulla fine del secolo XVIII altre osservazioni fece E. P. Swagermann (*Waarneeming omtrent seve byzondere eigenschap van der Apocynum* etc., in « Verhandl. van der Genootsch. te Vlissingen », 5ª Dell., pp. 251-306, e 9ª Dell., pp. 1-32), il cui lavoro non ci fu possibile consultare. Le constatazioni del Bartolozzi furono nello scorso anno richiamate dal prof. G. B. De Toni (in « Atti del R. Istit. Ven. di sc. lett. ed arti », tom. LXXII, part. 2ª [1912-13], pag. 411).

originalità, qui le riportiamo nelle parti essenziali: « Preso un fiore di detta pianta, « che, essendo alta circa due piedi e mezzo inglesi, ha i fiori lunghi ventinove cen- « tesimi di un pollice inglese, ho osservato la mosca che vi era arrestata, e che era « ancor viva, e ho veduto che si moveva col corpo e con le gambe, non cambiando « mai situazione con la testa. Conosciuto pertanto che circa a questo arresto la co- « rolla di detto fiore era innocente, la levai, come inutile alle mie osservazioni: ed « allora, essendomi rimasto l'insetto arrestato perfettamente visibile, con l'aiuto di un « perfetto microscopio *Martin*, di proprietà del signor canonico *Fromond*, col quale « unitamente ho fatto tutte le microscopiche osservazioni sopra tal fiore, potei sco- « prire che la mosca era presa per la tibia, o proboscide, e trattenuta tra due delle « cinque antere che ha questo fiore, di dove era impossibilitata di uscire per quanti « sforzi ella facesse. Per ben comprendere come ciò avvenga, è necessario prima cono- « scere tutte le parti che a questo arresto concorrono. La fig. *a* rappresenta un intero « fiore con mosca arrestata. La fig. *b* rappresenta il profilo esterno del fiore lungo « 29 centesimi di un pollice, senza il suo peduncolo. La fig. *c* rappresenta lo spac- « cato del fiore stesso; la fig. *d* un fiore col periantio e le parti della generazione, « ma senza corolla, e della lunghezza, in tutto, di 19 centesimi di un pollice. La « fig. *E* rappresenta le parti istesse, nudate dal loro periantio, ove sono visibili i fila- « menti che sostengono le antere. Questi filamenti e queste antere sono cinque e « si vedono per la parte superiore nelle figg. *g*, *E*. La fig. *F* rappresenta due soli « stami, staccati a forza dai due pistilli, che hanno un filamento comune, carnoso, « articolato, e senza alcuna interna vagina o vaso, in alcuna maniera visibile. Tutte « queste parti sono al di fuori asciutte, e prive di qualunque umore viscoso, per cui « la mosca possa restare attaccata; ma però vi è quantità di questo umore viscoso « al di dentro, ove le parti mascoline, e femminine, cioè gli stami ed i pistilli, stanno « a contatto fra loro; quest'umore è verisimilmente dolce, giacchè le mosche vanno « con ansietà per gustarlo, ed ha ancora qualche poco di odore, col quale chiama da « lontano questi insetti, odore che è sentito anche qualche poco dall'uomo. Per andar « dunque a gustar di questo licore, vola la mosca sopra il fiore, il cui stretto ori- « ficio non permettendo ad essa di entrarvi tutta liberamente, vi entra sol con la « testa voltata al basso, restando in alto al di fuori il restante del di lei corpo.

« Quivi non potendo essa, per gustar del licore, introdurre la sua proboscide tra « una antera, e l'altra, a motivo della stretta adesione, che queste tra di loro reci- « procamente conservano, va a cercar a basso tra i filamenti un'entrata, che favo- « revole appunto gli vien presentata dalla distanza che è tra un filamento, e l'altro, « come si vede nella fig. *E*. Giunta al suo intento di penetrare con la proboscide a « gustare del desiderato cibo, ella tenta andarsene, ritirando inconsideratamente in « alto il propio corpo. Ma la proboscide della mosca, che è grossa verso la testa, « prosegue poi in un collo sottile pieghevole, e liscio, e termina nuovamente in una « estremità più grossa, e composta di altri piccoli corpicelli, o particelle minute « di peli.

« Or trovandosi questa estremità più grossa al di dentro fra le antere, e tiran- « dosi in alto la mosca, entra il sottile corpo della proboscide tra i principii delle « antere medesime, di dove, non potendo passare l'estremità, che è più grossa, co-

« mincia la mosca a sentirsi imprigionata; e facendo essa degli sforzi per tirarsi in « alto, la proboscide l'imprigiona sempre più, difficultandone l'uscita maggiormente. « Io ne ho vedute alcune, che avevano fatti tali sforzi, che ridotta avevano la pro- « boscide all'estremità superiore delle antere, ove alla fine era lor convenuto restare, « avendo dette antere una incredibile elastica forza, che tra di loro le appressa come « se fossero un sol corpo; dimodochè scostate artificialmente l'una dall'altra, appena « restano in libertà, che tornano velocissimamente a ricongiungersi. Se il visco fosse, « che trattenesse la mosca, non potrebbe, invischiata una volta, muover più la sua « proboscide, e non la potrebbe tirare in alto a forza di tentativi, come ho in più « d'un caso osservato avvenire sotto i miei occhi. Vero è però che nella fig. *A*, la « quale rappresenta ingrandita col microscopio un'antera col suo filamento lunga na- « turalmente 10 centesimi di pollice, si vedono distinti dal lor colore nero i residui « di una proboscide restati attaccati; ma è da riflettere che attaccati si sono nel dis- « seccarsi del fiore, avendo io staccata la mosca da questo fiore 24 ore dopo, che le- « vato lo aveva dalla sua pianta.

« Le mosche che ho ritrovate in questi fiori sono moltissime, della specie che « Linneo chiama *Musca clavipes*, alcuna della specie della *Musca plebeja*, e qual- « cheduna della *Musca bombylans* ».

Dopo il Bartolozzi, accennano alla strana cattura delle mosche dell'*A. androsaemifolium* Erasmo Darwin e, in Italia, il Targioni-Tozzetti. Nella tavola 280 nel volume 8° del « Botanical Magazine » del Curtis, sono rappresentate mosche che immettono la proboscide in alcuni fiori per suggerne il nettare. Il fatto non doveva essere ignoto al Moench (102) se ad una delle specie applica il nome di *A. muscipulum* (1794), caduto in sinonimia perchè posteriore ad *A. androsaemifolium* di Linné (1753).

Più di recente il Beal (Am. Nat., XIV, 1880, pag. 201) aveva osservato nell'*A. androsaemifolium* del « Michigan Agr. College » l'imprigionamento di piccoli Apidi e nel 1883 analoghe osservazioni pubblicava il French (Bot. Gaz., VIII, 1883, pag. 171).

Ma il lavoro più esteso lo dobbiamo al Ludwig (91-92), per quanto non molti siano i particolari essenziali che aggiunge alla nota del Bartolozzi. Quanto ad *A. androsaemifolium*, la constatazione più importante riguarda la costituzione dello stigma che è diviso da un cercine, a circa metà della parte ingrossata a capocchia, in una metà superiore ed una inferiore che è quella che ha strettamente funzione stigmatica (1). Gli stami hanno antere concrescenti verso la metà in corrispondenza del suddetto cercine: in modo che si vengono a stabilire due camere, la superiore in corrispondenza della metà inferiore dello stigma, collettrice, ma non assuntrice del polline, e la seconda in corrispondenza della metà inferiore nella quale il polline proprio non può giungere, mentre può arrivare quello apportato dagli insetti. I pronubi — generalmente grossi Sirfidi, Muscidi ed Apidi — dirigono la proboscide alla ricerca del net-

(1) A questo particolare aveva accennato già lo Schleiden (119) e con più minuti dettagli il Legget (88), il cui lavoro ci fu noto sul punto di correggere le bozze e che, dobbiamo riconoscere, aveva esaurito l'argomento: ciò che diminuisce ancora di più l'importanza delle osservazioni del Ludwig. Qui aggiungiamo che anche il nostro Delpino (88) riconobbe muscicapo l'*Apocynum venetum*.

tario alla base dei filamenti staminali, facilmente si sbarazzano dalla morsa in cui restano impigliati, e frattanto si impollinano, operando la impolinazione incrociata: altri, di minor forza, non riescono a sbarazzarsi dalla presa e vi restano imprigionati a mezzo della proboscide (*Spilogaster carbonella* Zett., *Scatophaga merdaria* F., *Anthomya pluvialis* L., *Syritta pipiens* L., piccoli imenotteri, microlepidotteri ecc.). L'apparecchio a morsa è dato da due filamenti staminali contigui, che, come dicemmo, si saldano o fortemente aderiscono in corrispondenza del cercine stigmatico.

Delle specie americane a fiore piccolo e di colore sbiadito furono osservate *A. hypericifolium* ed *A. cannabinum*. Secondo Ludwig, la prima specie non ha nettare, ma l'odore è anche più sgradito che non nella precedente. Essa è visitata da Muscidi e Sirfidi, dei quali un gran numero restano imprigionati, cosicchè 56 fiori nello spazio di poco più di mezza giornata mostravano di aver catturato ben 88 di tali piccoli insetti.

Nella seconda specie, il Robertson (*Flowers and insects*. VI, in Bot. Gaz., XVI, 1891, pag. 70) constatò come la piccolezza dei fiori renda facilmente accessibile il nettario; reca indi una ricca lista di pronubi del gruppo degli Imenotteri, Ditteri, Lepidotteri, Coleotteri ed Emitteri da lui constatati durante due giorni del giugno nell' Illinois. L'A. non accenna a catturamento, ed osserva di aver trovato masse polliniche sui palpi mascellari e labiali, ed assai più raramente in altre parti degli organi di succiamento.

Dalle nostre osservazioni fatte nelle colonie di *A. venetum* del Lido presso Venezia e sulle piante coltivate nell'Orto botanico di Padova, deduciamo che numerosi sono i visitatori della specie, e cioè, preferibilmente, Coleotteri, Imenotteri e Lepidotteri: ma constatammo che l'apparecchio a morsa non funziona in questa pianta, in quanto non vi è adesione o coerenza fra le antere ed il cercine stigmatico, e non ha luogo quindi imprigionamento di insetti sul tipo di quello osservato nelle specie americane. Notammo solo che piccoli muscidi, una volta introdottisi in fondo alla coppa corollina, non riescono ad evadere, e spesso se ne incontrano morti: una sola volta osservammo a Padova la cattura di un piccolo dittero a mezzo della proboscide. Nè possiamo confermare quanto scrive l' Heim (74) di una pretesa aracnofilia della specie che dovrebbe preservarla dalle visite di pronubi nocevoli.

Circa la biologia della disseminazione, per noi non vi è dubbio che la leggerezza del seme e l'ampio sviluppo del pappo fornito di filamenti sericei, e quindi a tipo di paracadute, assicurino alla pianta una disseminazione anemocora anche a notevole distanza.

Osservazioni fatte in laboratorio mostrarono come un seme di *Apocynum*, con la sola spinta di un leggero alito, si sia mantenuto librato nell'aria per parecchi minuti, mercè la sua leggerezza; quindi è facile dedurne come in natura possono venire trasportati anche a considerevoli distanze. Crediamo che con tale proprietà si possano spiegare alcune delle soluzioni di continuità nell'area distributiva, che esamineremo più ampiamente nel capitolo seguente.

IV.

Distribuzione geografica e topografica del gen. Apocynum.

Il genere *Apocynum* occupa, con gli attuali suoi rappresentanti, una ampia fascia interamente compresa nell'emisfero boreale del vecchio e nuovo mondo. Esso si stende dal parallelo 55 al 30 in Asia ed Europa, in cui le stazioni più occidentali cadono nell'estuario veneto-padano, le più orientali nella Cina settentrionale, e dal parallelo 60 al 30 circa (California, Messico settentrionale, golfo del Messico) in America. Da questa fascia restano escluse le regioni artiche e subartiche (formazioni della tundra e formazioni boschive), l'America centrale (eccettuato qualche punto del Messico più settentrionale), le penisole meridionali dell'Asia, gran parte della Cina, a quanto pare, il Giappone, l'Europa tutta, eccetto le regioni confinanti con l'Asia occidentale ed alcuni territorî del Mar Nero e dell'Adriatico (Tav. XII).

Passiamo ora a precisare l'area delle principali specie, a cominciare da quelle euro-asiatiche.

Come si rileva dalla revisione sistematica, i tipi eurasici si riducono, allo stato delle conoscenze, a tre, e cioè: *A. venetum, A. pictum* e *A. Hendersonii*. Il primo è quello che ha area più vasta, che si estende dalla Cina settentrionale all'Adriatico settentrionale: limitata all'Asia centrale è l'area degli altri due. E poichè tutti e tre concrescono in tale area, ci sembra pienamente giustificata l'asserzione che debba considerarsi come l'attuale centro delle stirpi euro-asiatiche, gli altri territorî prossimi o lontani, in cui si espande il solo *A. venetum*, dovendo considerarsi come dominio d'espansione di questa specie.

In base alle indicazioni acquisite alla scienza e ai dati ricavati dal materiale abbastanza ricco avuto a nostra disposizione, si rileva che le specie sopra nominate occupano la periferia esterna ed interna del vasto altipiano dell'Asia centrale, delimitato dagli Altai, dalle catene della Songaria, del Turkestan cinese (Casgaria), del Tibet e Kan-su mongolico, da qui l'*A. venetum* estendendosi nei territorî lungo l'alto e medio corso dell' Hoang-ho ed i numerosi affluenti principalmente nei terreni del *löss*. Non ci consta che nessuna di esse sia stata raccolta nella zona desertica solcata dal Tarim, cioè nei deserti di Tarim, di Takla-Makan e di Gobi, nei monti che separano la Songaria dal Turkestan cinese, nella Manciuria, nella regione del lago Baikal, lungo il corso dell'Amur, ecc.

Scendendo a più minuti dettagli, diremo che, nella regione degli Altai, donde si raccolsero solo pochi dati, non cresce che *A. venetum*; nella Songaria e nel Turkestan cinese (Turkestan orientale), vi cresce con le altre due specie; nel Tibet il solo *A. venetum*; nel Kan-su mongolico il solo *A. Hendersonii*; nella Cina settentrionale il solo *A. venetum*.

Poco dicono le etichette degli Erbarii e gli itinerarî dei viaggiatori circa le condizioni di stazioni e le altitudini.

La presenza di una specie steppica in quella parte della Cina dove sono largamente sviluppati i depositi di *löss* (lasciamo indiscussa la sua origine, che non ci riguarda, e le distinzioni cui andò soggetto: *loess* di terra, lacustre, alluvionale ecc.) non è, come vedremo avanti, per nulla affatto casuale. Secondo Franchet (45) essa cresce a sud di Pechino nei « champs stériles, au bord d'un ruisseau »: il Bunge (28) lo dice « frequens in humidis prope Kautai » che è una delle stazioni più settentrionali quasi ai confini col deserto di Gobi. Nel Tibet, e precisamente nello Tsaidam, secondo il Maximowicz (nell'opera dell'Hemsley, 75), vegeta « on the dunes of shifting sand » insieme con *Haloxylon Ammodendron*, *Hedysarum arbuscula*, *Psamma villosa*, *Tamarix Pallasii*, *Tamarix laxa*, *Artemisia campestris* ecc.: e del Tibet occidentale, dove nella « Shayuk valley » tocca gli 8000′ (Hooker), vedemmo saggi (leg. Meebold) raccolti « am Felsen in sand... ». In Songaria fu raccolto presso il lago Sairang-Nor, nei terreni subsalsi presso Dschüss-Ahatsch, e per terreni siffatti lo indica il Ledebour (*Flor. Altaica*) della pianura circostante agli Altai. Nell'Afghanistan sett. secondo Aitchinson (1) sarebbe « common in beds of streams and in marshy localities at Gulrau, at an altitude of 2000′ ». *A. Hendersonii*, scoperto nel « sand desert » dei dintorni di Jarkand (Casgaria) da Henderson ed Hume (76), fu trovato in seguito lungo il corso dell'Ebi-nor (Songaria), in una foresta di pioppi lungo la via da Bongour a Kourla, nell'oasi di Touan-Houang (Cha-tcheou) nel Kan-su mongolico. Non è precisata la stazione di *A. pictum* che fu raccolto dallo Schrenk (120) « in des. soongoro-kirghisico ad m. Tamgaly-Tas ».

Dall'Asia centrale ed orientale seguiamo il dominio dell'espansione di *A. venetum* verso occidente. La sua presenza nel Cashmir (dove nella Naltar Valley tocca i 6000′) e nel Turkestan russo lascia supporre una penetrazione attraverso la zona di depressione dell'altipiano del Pamir fra le giogaie dell'Himalaya e Karakorum ed il sistema di montagne che s'iniziano con le giogaie del Tianscian. La penetrazione nel vasto dominio delle steppe dei Kirghisi è probabile, invece, sia avvenuta attraverso le depressioni della Songaria incuneandosi specialmente lungo l'Irtisch (dove fu trovato) e, lungo l'Ili, raggiungendo il lago Balcash, dove pure fu segnalato. I due fiumi Sir-Daria ed Amu-Daria hanno, secondo i dati da noi raccolti, segnato le due grandi vie per cui potè giungere sino al lago Aral evitando, a quanto pare, i due spaventosi deserti di Chizil-cum e Cara-cum e, verosimilmente, attraverso l'alto corso dell'Amu-Daria, penetrando nell'Afghanistan. Non poche località cadono fra i due grandi fiumi (Buccaria, Samarcanda), non che lungo il Serascian. I paesi circumcaspici hanno rappresentato per il nostro *Apocynum* vasti territorî di espansione. Lo troviamo difatti nella Transcaspia, nella Persia settentrionale, a Ghilan, presso Teheran, tra la Persia e il Caucaso lungo l'Arasse raggiungendo, lungo i suoi affluenti, la stazione di Khoi e (isolata?) qualche stazione presso il lago di Urmia nell'Aderbeidschan; nel Caucaso littoraneo come a Lenkoran e Kisilagatsch, lungo il fiume Kura dove s'interna sino a Tiflis, lungo il Koissu che è l'alto corso dell'Awarsk Koissu nel Daghestan, non che lungo il Terek nella Ciscaucasia; nella Russia meridionale nell'Uralsk e precisamente lungo l'Ural sino ad Orenburg e lungo il Volga sino a Sa-

repta e, a quanto pare, anche più a nord sino a Kazan (1). L'area della pianta prosegue anche nei territorî che si schierano attorno al Mar Nero od almeno in alcuni di essi. Così nel versante caucasico esso ha stazioni a Batum e più internate lungo le rive del fiume Olty che è uno degli affluenti dell'alto Tchorok, nella Crimea, lungo il fiume Ingul sino a Jelissawetgrad, in qualche punto del littorale della Romania (Portiza) e della Bulgaria (fra Misivria ed Eminé, presso Varna, Anchielos ecc.). Si incunea, inoltre, nel versante asiatico del Mar di Marmara, vale quanto dire in alcune stazioni della Anatolia occidentale (Smirne, Gemlike), e nel versante opposto, dove era già noto pei dintorni di Costantinopoli, fu trovato dal Degen presso Kumbaos. Isolate e, allo stato delle conoscenze, di un isolamento non facile a spiegarsi, sono le stazioni della Persia meridionale (ve lo cita Boissier, ma non ne vedemmo esemplari), centrale e occidentale (Luristan), Mesopotamia, Kurdistan, Siria ed Anatolia settentrionale, ma lungi dal mare (Tokat). È degno di nota che alcune di esse (Marash, Karputh, Amadia ecc.) sono lungo o presso i due bacini del Tigri e dell'Eufrate. Tokat è lungo un affluente del fiume Jeshil Irmath che sbocca nel Mar Nero, mentre i due precedenti, come è noto, si gettano nel golfo Persico. La specie manca nei territorî asiatici bagnati dall'Egeo, ripresentandosi, dopo una cospicua soluzione di continuità, nelle dune sabbiose presso la foce dei fiumi dell'Albania senza penetrare nel paese. Nell'opposto versante fu segnalata in una stazione (littoranea?) del Gargano dal Rabenhorst; e noi nell'Erbario Genovese vedemmo esemplare di una località alquanto più internata e, cioè Altamura, pure raccolto dal Rabenhorst, ma di cui egli non parla nella relazione del suo viaggio nelle provincie meridionali d'Italia (109), manca lungo la costa illirico-dalmatica fino a Trieste e nella opposta sponda fino alla sinistra del Po di Levante e quindi nel basso Polesine.

In stazioni, più o meno discontinue, ma vicine fra di loro, esso riveste in colonie abbastanza vaste le dune più esterne ed anche le arene di spiaggia dei Lidi attorno a Venezia (fig. 11 e 12), Chioggia, presso le foci del Tagliamento, lungo il basso Friuli e nel littorale Triestino: manca là dove l'arena tende a consolidarsi, e quindi nei prati littoranei, nelle formazioni pratensi di suoli argilloso-compatti, in tutte le formazioni a tipo lagunare: mai risale i fiumi, nonostante si trovi nel materiale alluvionale depositato presso la loro foce (Po di Levante, Adige, Piave, Tagliamento ecc.). Una sola eccezione ci è nota e, cioè, la stazione di Gonars nel Friuli, ma merita conferma.

Da questa rapida rassegna dell'area distributiva della specie a più lata dispersione e da noi più largamente documentata, si ricava che essa cresce lungo il corso di fiumi che più o meno s'internano nei massicci montuosi dell'Asia centrale, negli altipiani a carattere steppico, raggiungendo quote anche elevate. Ma siccome è frequente anche nel basso corso di tali fiumi ed in quelli che incidono regioni pianeggianti, di natura steppico-desertica, dove anzi raggiunge attualmente la sua più larga dispersione, verrebbe fatto di pensare ad una lenta penetrazione dal piano al monte. Senza poterlo escludere, dati i potenti mezzi di disseminazione di cui la pianta dispone, crediamo che normalmente abbia avuto luogo un cammino precisamente inverso.

(1) Secondo Korshinsky (86) lungo il medio Volga, dove è raro, cresce « in decliviis calcareis vel argillosis », è copiosissimo invece nel Volga inferiore « in insulis et pratis inundatis ».

È ben noto come il vasto bacino chiuso dall'Asia centrale abbia costituito, sino ad epoca geologicamente recente, un vasto mare interno. All'esterno, e, cioè, nella ampia zona pianeggiante dell'Asia occidentale e della Russia meridionale, oggidì occupata da steppe o da deserti, quanto è acquisito alla scienza induce a ritenerla per grande parte coperta da un vasto mare, che congiungeva largamente l'Aral con il Caspio. Sjögren (1) calcola a 1.000.000 di kmq. la superficie di questo mare aralo-caspico al tempo della sua massima estensione. Esso si estendeva a nord in modo da coprire una parte del basso Volga ed all'ovest il bacino del Manytah fino

Fig. 11. — Colonie di *Apocynum venetum* nelle arene di spiaggia del Lido di Venezia presso S. Nicolò di Lido.

al mare d'Azow (questa comunicazione, secondo altri geologi, sarebbe cessata alla fine dell'epoca terziaria), ed un ramo, penetrando nel golfo di Krasnovodsk, si espandeva nella parte occidentale del Kara-Koum.

È verosimile che il nostro Apocino abbia vissuto nel limo umido lungo i margini di questo vasto mare, e ne abbia, per così dire, seguìto le vicende e cioè il lento movimento di regresso sino a raggiungere la presente distribuzione. La sua ubicazione lungo il corso di tributarî degli attuali mari, nel margine di tanti dei laghi grandi e piccoli che il mare quaternario ha lasciato lungo la via della sua ritirata, accreditano tale supposizione.

Pare a noi più arduo di spiegare la sua presenza in massicci montuosi ed in territorî di remota emersione, sia dell'estrema Asia orientale (Cina), come dell'Europa orientale e dell'Asia occidentale. Quanto alla Cina settentrionale, le ricerche del

(1) Sjögren, *Ueber das diluviale aralo-kaspische Meer und die Nordeuropäische Vereisung*, Jahrb. d. K. K. geol. Reichanst. *XL* (1890).

v. Richthofen hanno condotto ad ammettere nel quaternario una invasione della steppa dell'Asia centrale (1) durante uno « Steppenperiode » che va ad intercalarsi fra un precedente « Erosionsperiode », ed uno posteriore, « Loessperiode », durante il quale, causa la maggiore umidità e quindi le più abbondanti precipitazioni, il materiale clastico strappato dalla furia dei venti, secondo la geniale ipotesi del grande geografo, e depositato sui più diversi terreni, subì profonde modificazioni nella sua struttura fisico-chimica e diventò una delle terre più fertili che si conoscano. Non è qui il luogo di esporre — uscendo dai limiti dell'argomento — le controversie cui l'origine

Fig. 12. — Colonie di *Apocynum venetum* nelle arene di spiaggia del Lido di Venezia associato ad *Eryngium maritimum, Agropyrum junceum, Psamma arenaria* ecc.

eolica del *löss* ha dato luogo; preme invece di far osservare gli stretti rapporti che collegano steppa e *löss*, la incompleta ricopertura, in qualche settore, della steppa da parte di questo e quindi la persistenza di quella qua e là, la facile disgregazione in cui il *löss* va incontro alla superficie e lungo i corsi d'acqua, per concluderne che gli elementi steppici sopravvivono in grande parte al periodo in cui emigrarono. La coincidenza della distribuzione del nostro Apocino nei terreni caratterizzati dal *löss* e che dicemmo non casuale, depone per una emigrazione dall'Asia centrale a quella orientale, avvenuta nel quaternario in coincidenza del periodo steppico. Il fatto che, nella vasta regione bagnata dallo Huang-ho, non esistono, allo stato delle conoscenze, altre specie all'infuori della citata, induce a ritenere la Cina un territorio di espansione, anzi che la patria originaria della specie.

(1) Cfr. un riassunto di K. Futterer, *Die allgemeinen geologischen Ergebnisse der neueren Forschungen in Zentral-Asien und China*, in « Petermann's Mitt. », Erg., n. 119, Gotha (1896).

Una recente invasione della steppa, e quindi una recente penetrazione di *A. venetum*, non si può escludere sia avvenuta nel Caucaso, nella Persia centrale (Curdistan), nella Mesopotamia, nella Siria e nell'Albania. Ma converrebbe documentarla con uno studio topografico assai dettagliato e confortarla con numerosi altri esempî del genere: il che esce dai limiti del lavoro, e, in ogni caso, sarebbe malagevole il farlo allo stato attuale delle conoscenze delle flore di quei paesi. Si deve tenere presente che si tratta di territorî in parte almeno di remota emersione e che il nostro Apocino ha stazioni, nei due versanti del Caucaso, molto internate, mentre quelle della Persia centrale-occidentale, della Mesopotamia, Kurdistan ecc. non sono in diretto rapporto con i territorî circumcaspici. Le stazioni, ad esempio, lungo l'alta valle del Tigri e dell'Eufrate sono situate lungo due bacini le cui acque defluiscono nel golfo Persico. In altre parole, non si può escludere la congettura dell'Engler (*Entwickl.*, I, pag. 44), di una emigrazione prequaternaria e che la nostra specie debba interpretarsi come un relitto di vegetazione terziaria, che egli cita accanto ad altri esempî di tipi isolati nel tempo e nello spazio, di origine centrale-asiatica, od anche cino-giapponese-americana (*Isopyrum*, *Eranthis*, *Epimedium*, *Philadelphus*, *Monotropa*, *Nerium*, *Scopolia*, *Lathraea*, *Asarum* ecc). La stessa penetrazione nel bacino del Mar Nero è alquanto problematica. Ammettendo con il Palibine [1] un periodo continentale (e, quindi, steppico), di cui si sono voluti trovare testimonî viventi e documenti fossili attraverso il grande nodo caucasico (l'esempio meglio studiato è la *Quercus macranthera* fossile quaternario in regioni ora coperte da foreste), non repugna l'ammettere una penetrazione attraverso la valle del Koura (dove ora esiste, ma solo nel medio e basso corso) e donde si sarebbe espanso in un limitato settore del versante occidentale [2]. Le stazioni del versante europeo (Crimea, Rumenia, Bulgaria) sono invece, probabilmente, in rapporto con una espasione avvenuta a nord del Caspio: ma dobbiamo confessare che la pianta non vi fu mai indicata, nè noi abbiamo visti esemplarî proprio nell'itinerario che avrebbe dovuto percorrere. Notiamo, inoltre, un altro fatto non facilmente spiegabile, che dai territorî occidentali del Mar Nero il nostro Apocino non avanza nelle formazioni steppiche constatate in tante parti dell'Austria, Germania, Francia, e finanche in Inghilterra: esso resta legato alle arene del littorale. Vale quanto dire che il nostro genere non porta alcun contributo alla teoria della penetrazione steppica nella nostra Europa, così profondamente investigata, per quanto concerne la corologia animale, dal Nehring [3].

[1] J. W. Palibine, *Contributions a l'histoire de la flore de la Transcaucasie*, in « Bull. Herb. Boiss. », 2ª ser., tom. VIII (1908), pag. 445.

[2] Sulla vasta distribuzione nel Caucaso della steppa nelle sue diverse modalità (dalla « Vermutsteppe » alla « Schwarzerdesteppe ») cfr. Radde, *Grundzüge der Pflanzenverbreitung in der Kaukasusländern*, Leipzig, 1899, pp. 23-97. La sola volta che in tale lavoro è ricordato il nostro *Apocynum venetum* (pag. 280), esso figura come pianta dei margini della regione boschiva del Caucaso fra 780-1370 m.; l'A. avverte, però, che nel catalogo delle specie di questa zona compariscono molti elementi steppici che emigrarono « den linken Ufer der engen Schlucht, in welcher die Kura das Gebirge durchbrach ». E, difatti, la nostra pianta ha stazioni proprio lungo questo fiume!

[3] A. Nehring, *Ueber Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fauna*. Berlin, 1890.

Del resto, l'area distributiva di *A. venetum* non si arresta nei territorî bagnati dal Mar Nero e dal Mar di Marmara, ma riprende in altre tre stazioni nell'attualità isolatissime e, cioè, nel littorale albanese-montenegrino, nel Gargano e nello estuario veneto-padano sino nei dintorni di Trieste. La pianta esplica anche qui uno schietto carattere di psammofila littoranea, mai o di poco allontanandosi dal materiale arenoso di spiaggia, anche dove vegeta presso lo sbocco dei fiumi. Una volta pervenuta nell'Albania, si potrebbe ammettere che essa abbia raggiunto il Gargano attraverso un ponte, l'*Adria* di alcuni geologi, di collegamento fra le due opposte sponde. Non conviene però dimenticare la natura psammofila della nostra pianta, il cui tragitto avrebbe dovuto aver luogo attraverso materiale di spiaggia. In ogni modo, anche tale ammissione non spiega le stazioni più nordiche, a meno che tale ponte si dovesse estendere sin nell'Adriatico settentrionale, come da qualche geologo fu ammesso. A tale riguardo osserviamo che nella parte più meridionale dell'Istria, al disopra della ben nota terra rossa, si trovano masse recenti di sabbia, che si ripresentano nelle piccole isole di Unie, alle due Canidole, e sabbiosa è interamente l'isola di Sansego. Tuttavia, nessuno mai vi ha raccolto o segnalato il nostro Apocino! Vegetando questo in prossimità della linea di spiaggia ed avendo radici e rizomi gemmiferi, moltiplicanti agamicamente la pianta, non escludiamo che essa abbia conquistato le attuali stazioni veneto-triestine in seguito a trasporto o rigetto degli stessi a mezzo della corrente littoranea, la così detta « radente » degli antichi idraulici della Repubblica Veneta.

Il primo di noi, come ha esposto in altro lavoro (1), trovò frammenti di radici gemmifere nel materiale di spiaggia reietto lungo il Lido di Venezia, ma ci è mancata l'occasione di constatare se tali frammenti fossero vitali. Del resto, il trasporto a mezzo delle correnti marine di organi della moltiplicazione agamica o di frammenti di piante vitali è stato così esaurientemente documentato dal Sernander (2) per la Scandinavia che non si può *a priori* escludere che altrettanto sia avvenuto per la nostra pianta. Insomma noi incliniamo ad ammettere un avvento relativamente recente, e cioè postglaciale, che ci fa escludere l'ipotesi dell'Engler che esso sia da noi un relitto di vegetazione terziaria e cioè un sopravanzo delle *Apocinee* riscontrate fossili nel Veneto e in altre parti d'Italia. Il suo *habitat* in terreni di recente costituzione geologica appoggia questa ammissibilità, cui ha acceduto anche il Trotter (3) per la pianta segnalata nel Gargano in un recente suo lavoro relativo alla origine della vegetazione adriatica.

Conviene, inoltre, tenere presente che la pianta veneto-triestina è fiorifera, ma sterile, e se l'azione delle correnti marine non fosse entrata in giuoco, non si saprebbe spiegare come avrebbe potuto varcare i numerosi fiumi normali alla linea di spiaggia, presso la foce dei quali bene spesso essa si trova a vegetare. Ci sembra

(1) Béguinot, *La vita delle piante superiori nella Laguna di Venezia* ecc., Venezia, 1913, pag. 252.

(2) R. Sernander, *Den skandinaviska vegetationens spridningsbiologi*, Berlin-Upsala, 1901, pp. 38-224.

(3) A. Trotter, *Gli elementi balcanico-orientali della flora italiana e l'ipotesi dell'* « *Adriatide* ». Atti del R. Ist. di incoragg. di Napoli, ser. 6ª, vol. IX (1912), pp. 45, 68, 100 (estr.).

invece poco probabile la tesi affacciata dal Levi-Morenos (89), di un avvento a mezzo dell'uomo, anche perchè non ci consta che la pianta sia stata mai da noi utilizzata a scopo industriale.

Passiamo ora alle specie neogee e cioè nord-americane.

Nella nostra monografia, la dignità specifica, fra le molte proposte, è mantenuta a 23. Di esse, nella zona più nordica, e cioè nel Canadà, vegetano 4 specie a vasta distribuzione, e cioè *A. androsaemifolium* (nelle varietà α, γ, ε, δ), *ambigens* (nella varietà β), *cannabinum* (nelle varietà α, β, γ, ε), *hypericifolium* (nella varietà α e γ); una quinta, l'*A. sarniense*, è nota sin qui di una sola località, la Sarnia, che è situata lungo il margine settentrionale del lago Ontario, e quindi nel Canadà orientale.

La latitudine più nordica (60°) è raggiunta da *A. androsaemifolium* γ *puberulum*, *A. cannabinum* ε *pubescens* ed *A. hypericifolium* γ *nevadense*. Nella British Columbia, e quindi nel distretto più occidentale, vegetano *A. androsaemifolium* α *typicum*, γ *puberulum* e δ *griseum*, *A. ambigens* ed *A. hypericifolium* γ *nevadense*. Lungo il lago Ontario e nella Nuova Scozia vegetano forme di tutte le specie sopracitate: nella Terra Nuova, estremo limite orientale, il solo *A. androsaemifolium* γ *puberulum*. Nessuna fu sin qui segnalata nella penisola del Labrador.

Assai più numerose sono le specie e le varietà sin qui note per gli Stati Uniti. La seguente tabella ci offre un quadro dello stato attuale delle nostre conoscenze al riguardo:

Da questo quadro si ricava che ciascuna delle sezioni da noi stabilite dà almeno una specie, e, di queste, almeno una forma a lata distribuzione, rappresentata cioè in tutti o quasi tutti gli Stati della Confederazione. Nella stirpe di *A. androsaemifolium* l'area più ampia è presentata dalle var. *puberulum*, *incanum*, *Andrewsii* e da *A. ambigens*: nella stirpe di *A. cannabinum* dal tipo e delle var. *puberulum*, *incanum* ed *album*: nella stirpe di *A. hypericifolium* dal tipo e dalla var. *nevadense*, e finalmente in quella di *A. medium* dalla forma tipica di *A. lividum*.

Ciascuna delle nostre stirpi ha specie o varietà prevalentemente distribuite negli Stati del Pacifico, altre in quelle bagnate dall'Atlantico. Al primo gruppo appartengono *A. androsaemifolium* α *typicum* e la var. β *orbiculatum*, *A. pumilum* e le sue numerose varietà, eccetto la var. *Milleri*, l'*A. cannabinum* var. *palustre*, *oliganthum*, *Suksdorfii*, *Bolandri*, *floribundum*, l'*A. hypericifolium* var. *pseudosuksdorfii*, *myrianthum*, *salignum*, *angustifolium*, l'*A. lividum* var. *Elmeri*, *vacillans*, *convallarium*, *floribundum*, *abditum* e *viarum* e gli *A. laurinum*, *ciliolatum*, *incanum* e *vestitum*. Vale quanto a dire 33 entità. Al secondo gruppo appartengono l'*A. pumilum* var. *Milleri*, l'*A. cannabinum* var. *pubescens* e *isophyllum*, e gli *A. neogeum*, *arenarium*, *ithacense*, *nemorale*, *Greeneanum* e *procerum*: della stirpe « medium » gli *A. medium*, *macrophyllum*, *pseudomedium* ed *insigne*: in tutto, 13 entità.

La zona centrale concidente, nelle sue grandi linee, con quelle che l'Harshberger (73) designa col nome di « Prairie-great plains region », oltre le specie e forme a larga distribuzione sopra accennate, accoglie pure, per quanto rari, *A. androsaemifolium*

NOME DELLE SPECIE E DELLE VARIETÀ	Stato di Washington	Oregon	California	Idaho	Nevada	Montana	Utah	Arizona	Wyoming	Colorado	N. Messico	Dakota	Nebraska	Kansas	Terr Indiana (Oklohama)	Texas	Minnesota	Iowa	Missouri	Arkansas	Louisiana	Wisconsin	Illinois	Missisipi	Michigan	Indiana	Kentucky	Tennesee	Alabama	Ohio	N. Jork	Pennsylvania	Virginia	N. Carolina	S. Carolina	Vermont	New Hampshire	Maine	Massa hussett	Connecticut	New Jersey	Maryland
[illegible] α	+	+	+	+	....	....	+	....	+	+	....	+	+																													
» β orbiculatum	+																																									
[illegible]			+	+	....	....	+	+	....	+	+	+	....	....	....	....	+	+	....	....	....	+	+	+	+	+	....	....	....	....	+	+	....	+	....	+	+	+	....	+	+	+
[illegible]	....	....			....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	+	....	+	....	....	....	....	....	+	+	....	....	....	+	....	....	....	+	....	+
» ε Andrewsii			+	+	....	+	....	+	....	+	+	+	+	....	....	+	+	....	+	....	....	....	+	....	....	....	....	....	....	+	+	+	+	....	....	....	....	....	+	+		
» ϑ griseum	+	....	....	+																																						
[illegible]	+	+	+	....	....	+	+	+	+	+	+	+	+	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	+	+	....	+	....	....	....	+	+	+	
» ζ bicolor	+	....	+	....	+	+	+	....	+	+	+	+	+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+									
A. pumilum α	+	+	+	+	+	+	+	....	+																																	
» β cercidium			+	+	....																																					
» γ calophyllum			+	....	+	....																																				
δ [illegible]folium		+																																								
» ε rubicundum	+	....	+				....																																			
» ζ xylostaceum	....	....	+																																							
» η plumbeum			+				....																																			
» θ stenolobium			+																																							
» ι Milleri					....																				+																	
» κ intermedium	+	+	....	+	+		....	+																																		
» λ tomentellum	+	+	....	+			....																																			
» μ rhomboideum			+	....																																						
» ν pulchellum			+																																							
A. cannabinum α		+	+	+	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	+	+	....	....	....	....	+	....	....	+	....	+														
» β puberulum et γ incanum																	+	....	....	....	+	....		....	....	+	+	....	+	+	+	....		+	....	....	....	....	+	+	+	+
» δ palustre			+																																							
» ε pubescens	....																						+	....	+	....	....	....		....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	+	....	+
» ϑ oliganthum					+																																					
» η Suksdorfii	+																																									
» θ album	+	....	+	+	+		....	+	....	....	....	....	+	+	....	+	+	+	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	+	+	+	....	....	+	....	+	....	+	+	+
» ι estellinum				....												+																										
» κ isophyllum			....																							+																
» λ Bolandri			+																																							
» μ floribundum				....							+																															
A. neogeum																																+										
A. arenarium																																										+
A. missouriense					....														+																							
A. ithacense				....	....	....																									+											
A. nemorale α et β glabrum																															+		+									
A. Greeneanum																																	+									
A. procerum			....																																					+		
A. hypericifolium α	+	....	+	....		....	....	....	+	+	+	+	+	....	....	+	+	....	+	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	+				
» β cordigerum												+	+																													
» γ nevadense	+	+	+	+	+	+	+		....	+	+	....	....	+	+	+	+	....	+	+	....	....	+	....	+	....	+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	+	+	
» δ pseudosuksdorfii		+																																								
» ε myrianthum			....	....	+																																					
» ϑ salignum		....	+			....	....	+	+	+																																
» η oblongum					+	....	+	+	....	+	....	....	....	....	....	....	+	....	+																							
» θ angustifolium											+																															
A. medium																																+	+	....	....	....	....	....	....	+	....	+
A. macropyllum				....																		+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	+	
A. pseudomedium																															+	....	+	....	....	....	....	+				+
A. speciosum				....	....																																					+
A insigne																																	+									
A. lividum α			+	....	....	....	....	....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	+	....	....	+	....	....	....	....	....	....	....	+	+	....	+	
» β texanum																+																										
» γ Elmeri	+																																									
» δ vacillans	+	....	....	+	....	+	+																																			
» ε convallarium						+																																				
» ϑ floribundum			+																																							
» η abditum					....	....	....	+																																		
» θ viarum			+																																							
A. laurinum					....		....	....	....	....	+																															
A. ciliolatum	....			....		+																																				
A incanum		+				....																																				
A. vestitum	....		+	....																																						

α typicum, *A. ambigens β bicolor*, *A. hypericifolium* var. *η oblongum* a distribuzione soprattutto occidentale, *A. cannabinum* var. *puberulum* ed *incanum* specialmente orientale, ed ha in proprio *A. cannabinum* var. *estellinum*, *A. missouriense* ed *A. lividum* var. *texanum*. Ove si prescinda da *A. missouriense* (qui avvertiamo che, secondo l'Harshberger, il Missouri confina, ma non fa parte della regione delle praterie!), questa zona non ha specie proprie, ed alberga solo un piccolo numero di forme, in generale più densamente distribuite fuori di essa. In altre parole essa è, attualmente, la zona di minima densità, come del resto il quadro sopra addotto pone in chiara evidenza, anche pel fatto che essa si intercala fra una zona di massima densità (l'occidentale) ed una media, ma pur sempre notevole (la orientale), tutte e tre disposte secondo i meridiani.

Quale può essere la presumibile causa di tale disuguale ripartizione?

È noto dalla geologia come, durante una grande parte del cretaceo, la regione dei grandi piani era occupata da un mare che divideva l'America del Nord in una porzione occidentale ed una orientale. Questo mare venne, durante il terziario, gradatamente ritirandosi, lasciando qua e là dei vasti laghi interni che, alla loro volta, vennero restringendosi o finirono del tutto per scomparire. Il territorio, già invaso dal mare, fu ricoperto da una vasta foresta nella quale si perpetuarono avanzi della flora cretacea e si svilupparono generi e specie prettamente terziarî. Nell'accurato catalogo del Knowlton [1] complessivamente compaiono, come riconosciuti, ben 260 generi ed oltre 1900 specie, nelle quali è facile distinguere tipi tropicali e tipi attualmente distribuiti nelle regioni temperate con affinità ed origine artica più o meno evidente. Non sembra che il nostro *Apocynum* abbia lasciato documento di sè in così ricca flora: ma, data la sua attuale larga distribuzione fra la vegetazione che, a parte i rimaneggiamenti ed inquinamenti che vi hanno indotto il glaciale e la steppa, è il sopravanzo di quella terziaria, non vi è dubbio che debba esservi esistito. Si potrebbe pensare che il vasto mare interno, cui sopra fu alluso, abbia pur rappresentato per alcune specie una difficultazione a passare dai territorî occidentali a quelli orientali. Ma poichè l'emersione delle terre occupate dalle presenti praterie è avvenuta, almeno in parte, sin dal terziario più antico, e d'altra parte è noto come anche esse siano state coperte dalla foresta terziaria e dal relativo sottobosco, sembra essere più conforme al vero che anche gli *Apocynum* vi fossero più largamente distribuiti che nel presente.

Quale sia l'origine del suolo delle praterie e dei deserti americani, è questione molto controversa [2] e, come per la Cina, fu affacciata, tra le molte altre, l'ipotesi di una genesi in seguito a deposito di *löss*. In generale i geofisici convengono nel

[1] F. H. Knowlton, *A Catalogue of Cretaceous and Tertiary Plants of North America*, in « Bull. U. S. Geol. Survey », n. 152, Washington, 1898.

[2] Vedansi a tale proposito: J. D. Withney, *Plain, Prairie and Forest*, in « American Naturalist », X, pp. 577 e 656; Christie Miller, *Why are Prairies Treelees*, in « Proceed. R. Geogr. Soc. », n. scr. XIV (1893), pag. 78; Th. Meehan, *Treelees Prairie*, in « Bot. Gaz. », VI, pag. 253; J. E Todd, *Distribution of Timber and Origin of Prairies in Iowa*, in « American Naturalist », XII (1878), pag. 91; O. P. Hay, *An Examination of prof. Leo Lesquereux's Theory of the Origin and Formations of Prairies*, in « American Naturalist », XII (1878), pag. 299.

ritenere la sostituzione della foresta al prato avvenuto in epoca geologicamente recente: trasformazione in alcuni punti incompleta, tanto che vi si possono anche attualmente osservare tutti i passaggi dall'una formazione all'altra. Formano il « Transition Prairie-Forest District » dell'Harshberger.

In base a tale interpretazione, i pochi rappresentanti del genere colà esistenti sarebbero i residui, là dove persistono opportune condizioni di suolo e di clima, di una ricca coorte scomparsa. E con la recente genesi del territorio si spiegherebbero pure la mancanza di endemismi. Dati i potenti mezzi di dispersione di cui la nostra pianta dispone, non si può del tutto escludere una penetrazione anche recente, e non crediamo, quindi, opportuno di indugiarci oltre su gli eventi geologici per loro natura di lunga durata. Quel che si può escludere è che l'emigrazione sia avvenuta attraverso il Messico, poichè quivi non è rappresentata che una sola specie, l'*A. cannabinum*, in una sola stazione non lungi da un affluente del Rio Grande del Norte che discende dal Nuovo Messico, mentre nei territorî degli Stati Uniti che si schierano attorno al Golfo del Messico scarsa è la rappresentanza di specie del genere, e mancano nella Georgia e nella Florida. Fatti i quali rafforzano l'idea, che sarà affacciata nell'ultimo capitolo, di una probabile origine e diffusione nordica del genere.

Quanto alle stazioni, da lavori ad indirizzo fitogeografico ed ecologico desumiamo i dati seguenti:

Secondo l'interessante lavoro di Pound e Clements (107) sulla fitogeografia del Nebraska, *A. cannabinum* « though regulary an inhabitant of the edges of thickets, not infrequently occurs in dense bushlike masses in low, open meadows or along the banks of streams »; *A. androsaemifolium* ha come « down into the Pine Ridge district from the Black hills ». In un altro lavoro già sopra citato, il Clements ha fatto rilevare le importanti modificazioni nella struttura della foglia cui questa seconda specie va soggetta, secondo che vive nei luoghi dirupati esposti alla diretta insolazione o nei boschetti ombrosi. Del Michigan Beal e Wheeler (8 *bis*) citano *A. androsaemifolium* quale una delle specie caratteristiche della « Flora of the Jack-Pine Plains » e del Minnesota Mac Millan (94) lo ricorda fra le piante viventi nei crepacci delle rupi che scendono sul lago del Bosco, mentre *A. cannabinum* cresce nelle arene del bacino lacustre un po' distanti dalla linea di spiaggia, mai nella tipica formazione delle dune.

Nel recente monumentale lavoro sulla fitogeografia del Nord America di Harshberger (73), *A. cannabinum* è compreso fra le igrofite localizzate lungo i corsi d'acqua nel grande deserto di Mohave fra l'Arizona e il Nuovo Messico, nelle radure delle foreste a foglie caduche, lungo il corso del Missouri nella « Jackson County »; secondo Mackenzie (cfr. Harshberger, pag. 513), *A. hypericifolium* si trova insieme ad altri elementi più o meno nemorali.

Dai dati consegnati nelle etichette delle collezioni da noi esaminate deduciamo che *A. androsaemifolium* fu raccolto lungo il margine o nelle radure dei boschi, nelle boscaglie spesso a substrato ciottoloso, nelle formazioni dei *canõns*, in luoghi paludosi, attorno ai laghi ecc. toccando la quota massima di 8500'. È insomma specie nemorale od igrofila!

L'*A. ambigens*, oltre che nelle formazioni boschive e nei suoli precipiti dei *canõns*, vegeta anche sulle colline ombrose, nei prati, presso le cascate, nel margine dei laghi, nei luoghi paludosi ecc. Sale sino 10000′ nel Colorado. L'*A. pumilum* tocca la sua più ampia dispersione nei boschi di conifere di montagna e di collina, nei boschetti cedui, ma vegeta anche lungo le rive dei fiumi nei prati umidi, attorno ai laghi. Sul monte Sharta in California raggiunge i 9000′.

L'*A. cannabinum* ha stazioni prevalentemente lungo le rive sabbiose o ciottolose dei fiumi e dei laghi, nei campi sabbiosi e qualche volta nei banchi rocciosi e ciottolosi presso la spiaggia del mare (Maryland). È la specie il cui *habitat* più da vicino ricorda quello del nostro *A. venetum*; però non manca lungo le grandi paludi, e la var. *palustre* è nota solo delle paludi salate di Suisum lungo le coste della California. Si spinge circa ad una altezza di 6300′ sul monte Lincoln nel N. Messico.

L'*A. hypericifolium* è comune lungo le sponde dei grandi laghi dell'America nord-orientale, sulle colline sabbiose del Nebraska, del Dakota, nelle vallate dei fiumi, nei campi aperti e prati umidi e, come il precedente, fu raccolto nel N. Messico sino 6300′ (M. Lincoln).

È specie strettamente boschiva l'*A. nemorale*, mentre è noto solo per le arene marine del Maryland (Chesapsake Bay) l'*A. arenarium*.

Da questa sommaria rassegna si rivela una spiccata tendenza negli *Apocynum* americani ad occupare stazioni riparate dalla diretta insolazione, ma non mancano in stazioni aperte e soleggiate ed in substrati clastici, quando essi siano percorsi e vivificati da veli acquiferi. Questo spiega la grande scarsità degli stessi nelle stazioni e regioni decisamente steppico-desertiche, come è grande parte della regione delle praterie, e la loro rarità nelle formazioni delle arene e dune marine. È superfluo il dire che la grande varietà delle stazioni, latitudini ed altitudini rappresentano, almeno in parte, i coefficienti morfogenici del polimorfismo raggiunto da alcune specie a larga area distributiva.

V

Cenni sulla filogenesi del gen. Apocynum.

La storia degli *Apocynum* è un libro a cui mancano parecchie pagine ed a tale frammentarietà si deve se la filogenesi degli stessi riesce oscura, nonostante i numerosi elementi analitici da noi pazientemente raccolti.

Il primo coefficiente di tale oscurità risiede in un fatto geografico: nella distribuzione, cioè, del nostro genere nell'emisfero boreale, dove attualmente le *Apocinacee* sono assai scarsamente rappresentate.

Difatti, delle oltre 1000 specie che compongono la Famiglia, poche oltrepassano la grande fascia equatoriale per spingersi oltre il tropico del Cancro. Ricordiamo tra queste la *Vallesia glabra* R. et S. che dall'Argentina raggiunge la Florida ed il Messico, i gen. *Tabernaemontana*, *Secondatia*, *Macrosiphonia*, *Haplophytum* e qualche

altro, che hanno alcuni rappresentanti nel Messico, l'ultimo anche nella Arizona, mentre nella Florida giungono alcune specie cubensi (*Rhabdadenia Sagraei* Mull.-Arg. ed *Echites umbellata* Jacq.). *Trachelospermum* dalle Indie orientali giunge sino al Giappone, ed una specie si trova dal Delaware alla Florida, non che nel Texas e nel Messico.

Generi esclusivi delle regioni temperate nordiche sono, oltre il nostro *Apocynum*, *Amsonia*, *Rhazya*, *Vinca* e *Nerium*: il primo ha una specie nel nord-America ed una nel Giappone: *Rhazya* ha due specie distribuite dall'Asia minore all'Himalaya: *Vinca* è principalmente un genere paleartico dell'emisfero orientale: *Nerium* occupa tutta la regione mediterranea spingendosi attraverso l'Arabia e la Persia sino alle Indie orientali e forse sino in Giappone.

D'altre parte è da tenere presente che, nel terziario dei varii paesi d'Europa [1], furono constatate filliti riferite a parecchi generi della Famiglia (*Alstonia*, *Cerbera*, *Tabernaemontana*, *Plumeria*), e larga distribuzione in numerose specie vi ebbero i gen. *Apocynophyllum* e *Nerium*.

I profondi cambiamenti climatici che caratterizzarono la fine del terziario e culminarono durante il lungo periodo glaciale hanno determinato l'estinzione di alcuni generi [es.: *Apocynophyllum* [2]] e l'accantonamento di altri in regioni dove il glaciale non ha esercitato la sua deleteria influenza. Fra i generi che, pur perdendo alcune delle specie, si salvarono da una totale distruzione ricordiamo *Nerium*, ma esso, quantunque sia una Echitidea [3] è troppo diversamente conformato nei suoi caratteri vegetativi e fiorali per scorgervi convincenti affinità col nostro *Apocynum*. È una Echitidea il gen. *Trachelospermum* distribuito dalle Indie orientali al Giappone, di cui una specie vive dal Delaware alla Florida, Texas e Messico. Essa è bensì una liana, ma la specie americana presenta indubbie affinità con gli *Apocynum* neogei. Meno evidenti a noi sembrano le affinità di due altre Echitidee cui Schumann avvicina nel suo sistema gli *Apocynum* e, cioè, *Oncinotis* e *Guerkea*, il primo con 4 specie dell'Africa tropicale e del Madagascar, il secondo con una specie a Gabun nell'Africa occidentale: patria, quindi, diversa!

Quantunque il gen. *Apocynum* non abbia lasciato relitti fossili che possano sicuramente ad esso riferirsi, la sua area distributiva, per analogia con altri generi della

[1] K. A. Zittel, *Handbuch der Palaeontologie. Zw. Alth. Palaeophytologie.* München u. Leipzig, 1890, pag. 765.

[2] Secondo Meschinelli e Squinabol (*Floria tertiaria italica*, pag. 498) era rappresentato in Italia, tra certe ed incerte, da ben 10 specie. A noi fa l'impressione di un complesso di elementi disparati della Famiglia e che necessita di un'attenta revisione. Furono pure riscontrate specie dei gen. *Tabernaemontana*, *Echites* ed *Echitonium*. Tutto ciò ha più che altro un valore paleontologico, poichè nulla hanno da vedere con gli attuali rappresentanti della Famiglia che, nel nostro paese, si riducono, oltre all'*A. venetum*, ad un *Nerium* e tre *Vinca*.

[3] Secondo Schumann (n. 121), le Echitoidee, cui appartiene il nostro genere, si distinguono dalle *Plumerioidee* per le antere concrescenti con lo stigma: carattere che è lungi dall'essere costante. Esso, insieme con *Oncinotis*, *Guerkea*, *Nerium* e *Strophanthus*, si differenzia dagli altri generi del gruppo per la presenza di squamette interstaminali e dagli ultimi due perchè tali squamette sono incluse nel tubo della corolla. Classificazione veramente rispondente a canoni filogenetici? Ne dubitiamo!

Famiglia, dovette verosimilmente essere più ampia ed in molte delle regioni dove ora vegeta deve considerarsi come un relitto di vegetazione prequaternaria. La sua attuale distribuzione fu in grande parte influenzata dai profondi rimaneggiamenti cui dalla fine del terziario in qua le flore dell'emisfero boreale andarono soggette, mentre il suo isolamento nel sistema appare in rapporto con la probabile scomparsa di anelli della catena che lo collegavano con generi più affini degli attualmente viventi.

Quanto alle specie e varietà, è superfluo dire che le più strette affinità intercedono fra le varie forme nelle quali da noi fu scisso l'*A. venetum*, laddove una soluzione di continuità si verifica, allo stato delle conoscenze, fra la stirpe monotipica cui questo *Apocynum* dà nome e quella, esclusivamente asiatica, che fa capo ad *A. pictum* e che comprende due sole entità specifiche. È, però, da tenere presente che la flora dell'Asia centrale è ancora troppo imperfettamente nota, e legittimi sono i dubbii che tale soluzione di continuità sia veramente esistente.

Quanto alle stirpi americane, i cui costituenti ci sono egregiamente noti in seguito al ricco materiale esaminato, già nelle pagine precedenti dicemmo che la più stretta colleganza unisce le varie stirpi fra di loro e tanto più le varie specie di ciascuna stirpe. Per citare qualche esempio, il tipico *A. androsaemifolium*, e cioè la pianta affatto glabra, si ricollega con le forme glabre di *A. pumilum* attraverso una serie di intermediarî segnati da *A. ambigens* var. *bicolor*. La forma glabra di *A. cannabinum* è malagevole in molti casi differenziarla da *A. hypericifolium* var. *nevadense*.

Se esaminata negli estremi, la stirpe « androsaemifolium » apparisce ben caratterizzata da quella « cannabinum », le specie che noi abbiamo ricondotto nella stirpe « medium », già intravveduta dal Greene, colma nella forma delle foglie, nella disposizione delle infiorescenze e nella grandezza della corolla, si può ben dire, tutte le lacune esistenti fra le due grandi stirpi. Niun carattere designa più chiaramente tale stato di intermediarità quanto la corolla, che è grande ed espansa negli « androsaemifolium » piccola e cilindrica nei « cannabinum ». Le specie del gruppo « medium » hanno corolla più piccola dei primi e più grande dei secondi e si intercalano anche per gli altri caratteri forniti dal calice, dalla lobatura ecc., fra le due serie. Sicchè il concetto della realtà delle specie, quale è propugnato da alcuni botanici, subisce nel nostro genere una patente smentita, anche se prolungate ed accurate culture avessero a dimostrare la costanza di alcune delle entità da noi illustrate. Tale fissità non avrebbe che un valore individuale e, cioè, limitata a quel gruppo di individui preso di mira [vedansi le ricerche che il primo di noi ha testè avuto occasione di fare a proposito di *Salsola Kali* (1)]. Essa verrebbe battuta in breccia dalle osservazioni condotte in natura o su ricchi materiali di Erbario e quindi su tutti i complessi di individui che entrano nella costituzione della specie.

Insomma negli *Apocynum* la specie esiste, oltre che per ovvia comodità di trattazione, solo in quanto esistono individui estremi e valori estremi nella fluttuazione di un dato carattere. Fra questi estremi si dànno tutte le possibili gradazioni intermedie negli individui e valori medii nei singoli caratteri. Ciò è in evidente rapporto con la costituzione straordinariamente omogenea delle stirpi americane, per cui nessun

(1) A. Béguinot, *Ricerche culturali sulle variazioni delle piante*. II. *Il polimorfismo nel ciclo di « Salsola Kali » ed i suoi fattori*. Atti Accad. scient. ven.-trent.-istr. a. VI (1913).

fondamentale carattere di organizzazione viene scosso dalla fluttuazione dei caratteri di adattamento.

Per citare qualche esempio, i caratteri risiedenti nella fabbrica dell'androceo e del gineceo, nella forma e struttura del frutto e del seme, restano immutabili ed inflessibili all'urto delle condizioni esterne: essi costituiscono, insieme con qualche carattere vegetativo (presenza e costanza di minute stipole, di radici gemmifere ecc.), la eredità ancestrale del genere che è comune anche alle specie euro-asiatiche.

Quanto l'influenza di polline estraneo, e quanto, quindi, la fecondazione eteroclina entri in giuoco nella determinazione dell'intermediarità in questione, non ci fu possibile determinare sul materiale avuto a nostra disposizione: ma siamo ben lungi dall'escluderla e traccie manifeste ne scorgemmo specialmente nel ciclo di *A. medium* ed *A. lividum*. Crediamo, però, che non tutto si possa spiegare con questa influenza, poichè, come fu detto nella parte corologica, parecchie di queste entità intermediarie vengono a generarsi, non su tutti i punti dell'area dove i capostipiti crescono promiscui, ma ai due estremi orientali ed occidentali dell'area stessa. In ogni modo è un quesito aperto ad ulteriori indagini da eseguirsi in natura ed in cultura con le dovute cautele.

Fra il dedalo intricatissimo delle combinazioni più disparate, dovute alla fluttuazione, è innegabile nelle stirpi americane una certa tendenza alla orientazione data da variazioni parallele nel seno di parecchie specie. Il carattere che, nella sua estrinsecazione, maggiormente obbedisce all'ortogenesi — quale è intesa da alcuni biologi — è quello della peluria.

Il seguente quadro esprime il fatto [1]:

SPECIE E VARIAZIONI GLABRE	SPECIE E VARIAZ. MEDIOCREMENTE PELOSE	SPECIE E VARIAZ. FORTEMENTE PELOSE
A. androsaemifolium α, β, ε	*A. androsaemifolium* γ	*A. androsaemifolium* ϑ
A. ambigens β	*A. ambigens* α	.....
A. pumilum α, β, γ, δ, ε, ϑ, η, θ, μ	*A. pumilum* ϰ e ι	*A. pumilum* λ, ν
A. cannabinum α, ϑ, η, θ, ι, ϰ, λ, μ	*A. cannabinum* β, γ e δ	*A. cannabinum* ε
A. neogeum	.....	.....
A. arenarium	.....	.....
A. missouriense	.....	.....
A. ithacense	.....	.....
.....	*A. nemorale*	.....
....	*A. Greeneanum*	.....
A. procerum β	*A. procerum* α	.....
A. hypericifolium	.....	.....
(il tipo e tutte le varietà)		
.....	*A. medium*	.....
.....	*A. macrophyllum*	.....
.....	.....	*A. sarniense*
A. pseudomedium var.	*A. pseudomedium* var.	.....
.....	*A. speciosum*	.....
.....	*A. insigne*	.....
A. lividum var.	*A. lividum* var.	.....
.....	*A. laurinum*	.....
.....	*A. ciliolatum*	.....
.....	.....	*A. incanum*
.....	.....	*A. vestitum*

[1] Ricordiamo che nel terzo gruppo il massimo della pubescenza — salvo qualche rara eccezione — è attestato dalla peluria di cui è ricoperto il fusto: nel secondo vi sono intermediarî tra il primo ed il terzo.

Una tale seriazione parallela di forme parrebbe dovesse condurre, ad una osservazione superficiale, a conclusioni opposte a quelle cui pervenimmo nelle pagine precedenti. Ma è da tenere presente che, nelle specie nelle quali i tre tipi sono rappresentati, le forme poste nel secondo gruppo indiziano collegamenti fra i due estremi; ed in quelle in cui non è nota che una sola forma, sembra ovvio l'ammettere — chiamando in causa l'intermediarità presentata da altri caratteri — che le specie glabre discendano da capostipiti glabri e quelle fortemente pelose da capostipiti ad esse corrispondenti. La distribuzione geografica conferma in parecchi casi tale filogenesi. Così la forma glabra di *A. androsaemifolium* va a cadere in un'area in cui l'*A. pumilum* è prevalentemente la pianta glabra. I rapporti sistematici fra *A. sarniense, incanum* e *vestitum* e, fino ad un certo punto, *A. ciliolatum,* con *A. cannabinum* var. *pubescens*, sono intimi, e tutte e quattro si trovano nei più orientali Stati della Confederazione. Come già dicemmo, l'*A. hypericifolium* var. *nevadense* si ricollega con l'*A. cannabinum* α che è la pianta glabra. Ne concludiamo, quindi, che la ortogenesi, se congiura, nel nostro genere, ad accentuare un dato carattere in una determinata direzione, non giunge a chiudere un dato ciclo: che anzi rende conto come abbia avuto luogo il passaggio da un ciclo ad un altro in seguito a convergenza di caratteri!

Altro caso di evoluzione parallela è dato dalle variazioni stenofille di *A. cannabinum* (descritte sotto i nomi di *A. album, estellinum, isophyllum, Bolandri* e *floribundum*) e di *A. hypericifolium* (descritte sotto i nomi di *A. salignum, A. oblongum* ed *A. angustifolium*): ma anche fra queste, come a suo luogo notammo, non mancano termini ambigui e fenomeni di convergenza.

Le prime, insieme con *A. neogeum* ed *A. arenarium* certamente scaturite da un capostipite stenofillo, hanno un notevole interesse in quanto sono le entità che più da vicino ricordano, e per l'abito e per l'*habitat*, il nostro *A. venetum*, mentre le specie e le varietà a largo fogliame, siano esse grandiflore o parviflore, sono quelle che più se ne allontanano. In poche parole, noi assistiamo, fra la stirpe *cannabinum* e l'euro-asiatico *A. venetum*, ad un conato di convergenza non spinto, però, a tale punto che in America vi sia una specie affatto identica a quella euro-asiatica, e viceversa. Vale quanto dire che analoghe condizioni del mezzo (si tengano presenti gli *habitat* steppici del nostro *A. venetum* e quelli di molte forme di *A. cannabinum*!) non hanno distrutto tutti i caratteri ancestrali, la vita anche in questo caso avendo posto qualche cosa del suo intimo ritmo.

La cospicua somma di caratteri di organizzazione in comune conduce ad ammettere la discendenza degli attuali *Apocynum* da un unico e, forse, oggidì spento capostipite, la cui area distributiva dovette estendersi alquanto più al nord delle aree attualmente occupate in Asia ed in America (1). È noto come i due continenti, fra il 60° ed il 70° di latitudine nord, offrano la minima distanza, e come alcuni geologi

(1) Depongono a favore di tale origine nordica la perpetuazione di alcune stigmate biologiche: fusto eretto e non, come la massima parte delle Apocinee, volubile; sua estinzione in vicinanza della stagione rigorosa, criptofitismo come difesa dai danni del freddo, ecc. Caratteri i quali spiegano come il genere abbia potuto resistere anche a forti abbassamenti di temperatura e tuttora mantenersi anche in regioni fredde, mentre quasi tutte le altre *Apocinacee* distribuite durante il terziario nelle regioni fredde e temperato-fredde hanno dovuto soccombere. La sua diffusione nell'America

abbiano accennato ad un collegamento a mezzo di un' intercapedine oggidì inabissata e ad una più vasta estensione continentale delle regioni circumartiche. Le mirabili scoperte, dovute specialmente all' Heer, hanno dimostrato come, sino ad un terziario relativamente recente, tali paesi fossero coperti di una ricca flora di regioni temperate ed anche con qualche elemento subtropicale respinto a latitudini inferiori col sopraggiungere dell'epoca dei ghiacci.

Sta il fatto che, come fu detto nel precedente capitolo, rappresentanti del genere si trovano in America sino al 60° parallelo, mentre nessuno è nel Giappone, pur non difettando stazioni adatte. Lacuna altamente significativa! Lo scambio floristico fra i due continenti (avvenuto attraverso un' intercapedine od in seguito a disseminazione a distanza operata dal vento o dalle correnti marine, non impossibile per il nostro genere), dovette aver luogo più a nord dell'attuale area e sospendersi quando i due *phylum*, respinti o già esistenti a latitudini inferiori, si trovarono separati dalla grande fossa del Pacifico (1).

Attualmente la massima densità nelle specie neogee si riscontra, come dicemmo nel capitolo precedente, in America negli Stati occidentali ed orientali della Confederazione, mentre le tre specie asiatiche sovrappongono la loro area nell'Asia centrale.

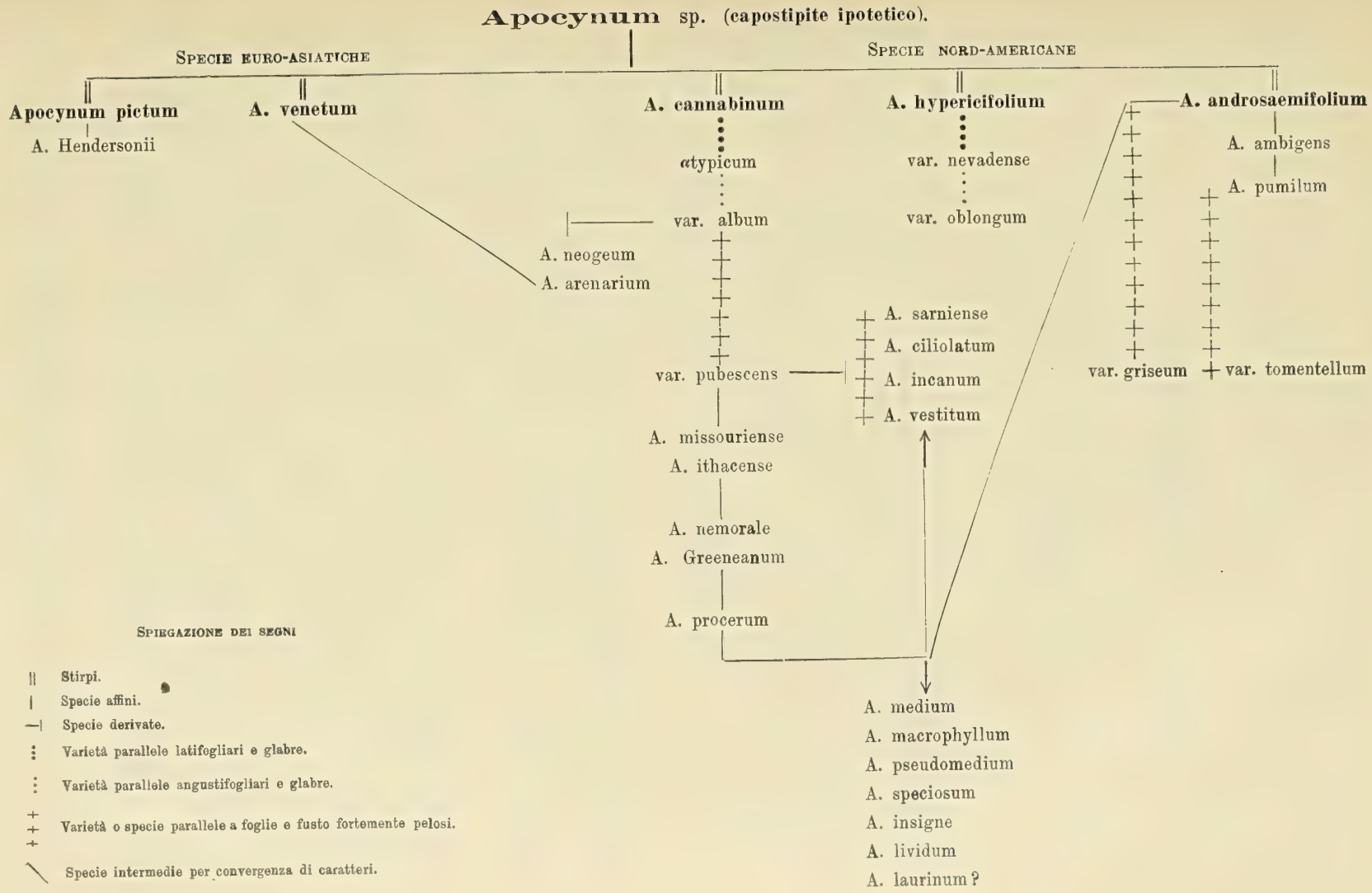
Tutti i fatti da noi prodotti conducono a ritenere che le attuali aree siano dovute ad uno spostamento verso il sud o, quanto meno, siano il residuo di un' area più nordica, mentre le stazioni dell'Asia orientale (Cina) e dell'Asia occidentale ed Europa orientale di *A. venetum* furono conquistate, con le riserve espresse nel precedente capitolo, in epoca geologicamente più recente, forse coincidente con la invasione di elementi della steppa in uno o più periodi di accentuata continentalità del clima. Tale carattere steppico è immensamente più sviluppato nelle euro-asiatiche, più attenuato in quelle americane, sicchè poche sono le specie e poco numerose le forme che vegetano nella regione delle praterie eminentemente steppica. La grande omogeneità del genere, la fluttuazione delle due stirpi e specie anche meglio costituite (una sola eccezione forse è data dagli asiatici *A. pictum* ed *A. Hendersonii*, sui quali fu tentato di fondare un genere!), l' origine sociale delle stesse, sono tutti indizii che noi abbiamo a che fare con dei neogenismi che si stanno lentamente evolvendo (non bruscamente!) a spese di capostipiti a larga distribuzione, con i quali convivono.

Nel seguente schema riassumiamo le nostre idee sulla filogenesi delle specie e di alcune delle forme espresse in questo capitolo:

---

del Nord deve essere avvenuta in epoca geologica remota e forse antecedente alla sua penetrazione nel continente asiatico. Sotto questa forma si può, come per tante altre piante, parlare di uno scambio dall'America verso l'Asia, nella quale prima regione attinge anche attualmente la sua più larga distribuzione e polimorfismo e dove sono alcuni generi (*Amsonia* e *Trachylospermum*) coi cui può, sino ad un certo punto, essere comparato.

(1) Con ciò non intendiamo di escludere — ed eloquenti esempî ne ha addotto l'Engler (*Entwick.*, I, pag. 44) — che molti altri generi si siano diffusi dall'America nell'Asia pel tramite del Giappone, dove hanno attualmente alcuni dei rappresentanti (*Isopyrum*, *Waldsteina*, *Philadelphus*, *Monotropa*, *Narthecium*, *Asarum*, *Cercis*, *Liquidambar*, *Carpinus*). È assolutamente da escludersi una penetrazione attraverso l'Atlantico a cui i geologi ricorrono per spiegare l'avvento in Europa durante il terziario di animali e piante di origine americana. Queste emigrazioni, su cui non è qui il luogo di discutere, furono anteriori, secondo il nostro modo di vedere, all'epoca della dispersione del nostro genere.


Apocynum sp. (capostipite ipotetico).
Specie euro-asiatiche
Specie nord-americane
Apocynum pictum
A. Hendersonii
A. venetum
A. cannabinum
A. hypericifolium
A. androsaemifolium
A. ambigens
A. pumilum
αtypicum
var. nevadense
var. oblongum
var. album
A. neogeum
A. arenarium
A. sarniense
A. ciliolatum
A. incanum
A. vestitum
var. pubescens
var. griseum
var. tomentellum
A. missouriense
A. ithacense
A. nemorale
A. Greeneanum
A. procerum
A. medium
A. macrophyllum
A. pseudomedium
A. speciosum
A. insigne
A. lividum
A. laurinum?
Spiegazione dei segni
Stirpi.
Specie affini.
Specie derivate.
Varietà parallele latifogliari e glabre.
Varietà parallele angustifogliari e glabre.
Varietà o specie parallele a foglie e fusto fortemente pelosi.
Specie intermedie per convergenza di caratteri.

PARTE SPECIALE

Le specie del genere Apocynum dal punto di vista della Sistematica.

Dal riassunto storico-bibliografico premesso alla presente monografia emerge che, sotto il gen. *Apocynum*, furono descritte una ottantina di entità specifiche ed a sue spese creato un genere a sè (*Poacynum*). Parecchie di esse, come già si disse a suo tempo, sono semplici sinonimi; un numero tutt'altro che lieve varietà o variazioni e, quindi, entità di valore gerarchico al disotto della specie. Il gen. *Poacynum*, come diremo a proposito della specie su cui fu fondato, non può essere mantenuto nemmeno come sottogenere. Sicchè il nostro è genere unico, se altri mai omogeneo ed egregiamente costituito e che comprende, in base alla monografia da noi redatta, 26 entità specifiche, alcune delle quali notevolmente polimorfe.

Passiamo ad illustrarlo:

Gen. **Apocynum** L. *Syst. nat.*, ed. I (1735); *Gen.* ed. I, pag. 65 (1737); *Sp. pl.*, ed. I, pag. 213 (1753)-ex p.; A. DC. *Apocynaceae*, in DC. *Prodr.*, VIII, pag. 439 (1844); Benth. et Hook. *Gen. pl.*, II, pag. 716 (1873-76); Baill. *Hist. des plant.*, X, pag. 43 (1891); Schum. in Engl. e Prantl, *Nat. Pflanzenfam.*, IV Teil, 2 Abt., pag. 179 (1895).

= *Poacynum* Baill. in *Bull. Soc. Linn. de Paris*, I, pag. 757 (1888); id., *Hist. des pl.*, X, pag. 208 (1891); Schum. in Engl. e Prantl, op. cit. (1).

Caratteri del gen. Apocynum. — Piante perenni con organi sotterranei rappresentati da radici e rizomi serpeggianti nel terreno e gemmiferi. Fusto alto 1-2 metri rinnovantesi ad ogni periodo vegetativo, eretto, verde o glauco, glabro o minutamente peloso, più o meno ramoso, rami opposti od alterni. Foglie semplici, opposte od alterne, subsessili e quasi abbraccianti il fusto o brevemente picciolate, munite, ai due lati del picciuolo, di due minute stipole, a lamina ellittica, ellittico-lanceolata o più o meno largamente ovali, attenuate o cuoriformi alla base, acute od arrotondate, ma sempre distintamente mucronate all'apice, incise nel margine da minuti dentini od anche intere, glabre e glauche, ovvero coperte di minuti peli nella sola pagina inferiore od in ambedue, sottili od anche coriacee. Infiorescenze formate da cime terminanti l'asse principale od anche i secondarî, spesso più allungati del principale. Fiori

(1) Gli AA. dell'« Index Kewensis » (pag. 164) riportano, a sinonimo del nostro genere, *Quirivelia* Poir. [*Encycl.*, VI, pag. 42 (1804)], che nulla ha da vedere con lo stesso.

in ciascuna cima numerosi o scarsi, brevemente peduncolati, bratteolati. Calice quinquepartito a sepali lanceolati lunghi e corti od anche stretti ed allungati. Corolla gamopetala piccola o mediocre, campanulata, cilindroidea o pelviforme, risultante di 5 petali saldati sin verso la metà, liberi nel resto, eretti, patenti o reflessi, alterni sempre con i sepali e alla base provvisti di piccole squame opposte a ciascuno dei petali: stami 5 opposti ai sepali ed alterni ai petali, affissi presso la base della corolla a mezzo di brevi filamenti pelosi all'interno, sempre inclusi. Antere sagittato-auricolate alla base, terminate all'apice da un'appendice membranosa triangolare-lanceolata, acuta, introrse, deiscenti longitudinalmente. Polline a tetradi, qualche volta abortivo (nell'*A. venetum* d'Italia) e contenuto solo nella metà superiore del cavo della loggia ed appena sotto questa porzione pollinifera le 5 antere aderiscono o concrescono con lo stimma. Ovario circondato da 5 ghiandole nettarifere opposte ai petali e sottoposte alle squame corolline, che hanno così funzione nettarostegica. Il gineceo è formato da due carpelli antero-posteriori; gli stili si uniscono in una colonna unica, terminata da uno stimma capitato, al disotto del quale si trova una corona vischiosa con funzione di trattenimento del polline. Gli ovuli sono in numero indefinito ed anatropi. Il frutto è composto di due follicoli più o meno allungati e coriacei. Il placentario libero, a maturità, porta molti semi oblunghi coronati da un pappo assai sviluppato, sericeo, nell'estremità micropilare. Possiedono un albume carnoso, e l'embrione ha una radichetta supera e cotiledoni piani ed oblunghi.

Area geografica. — Comprende l'America del Nord, e cioè il Canadà, quasi tutti gli Stati dell'Unione e qualche punto del Messico sett. (dove è però assai raro), l'Asia dalla Cina settentrionale attraverso l'Asia centrale nella vasta zona steppico-desertica fino al Bacino del Caspio, i paesi caucasici, la Persia nord e centro (anche meridionale?), una parte della Siria, parte dei territori attorno al bacino del Mar Nero ed al Mare di Marmara, le coste albanesi-montenegrine, il Gargano, i territorî littoranei dell'alto Adriatico dal Po di Levante al Triestino.

Stirpi, specie e varietà. — Le 26 specie da noi ammesse sono ripartite in 6 stirpi comprendenti entità strettamente fra loro imparentate e, quindi, verosimilmente uscite da un solo capostipite. Queste possono essere oligomorfe od anche notevolmente polimorfe e comprendere nel ciclo più o meno numerose varietà.

L'illustrazione di queste tre categorie sistematiche forma oggetto delle seguenti pagine.

SPECIE EURO-ASIATICHE.

I.

Stirps A. VENETI.

È caratterizzata per le foglie ellittico-oblunghe, strette o larghe, corte od allungate, a tessitura debole od anche un po' coriacee, brevemente ma distintamente picciolate, sempre incise ai margini da minuti dentini, e nel resto glabre: per la corolla cilindrico-campanulata, mediocre, a lobi rotondati ed un po' curvati in fuori.

Comprende una sola specie distribuita dalla Cina attraverso l'ampia faccia steppico-desertica dell'Asia, sino all'Europa orientale e precisamente sino alla parte nordica del Bacino Adriatico. Entità, specialmente nell'apparato fogliare, molto polimorfa ed offre, quindi, numerose varietà che credemmo opportuno di staccare dal tipo, che è la pianta del littorale sabbioso tra Venezia e Trieste. È la seguente:

1. **Apocynum venetum** L. *Sp. pl.*, ed. I, pag. 213 (1753).

Synonyma. — *Esula rara in Lio Venetorum insula*: Lob. *Nov. stirp. adv.*, pag. 160 (1571); id. *Hist.*, pag. 201 (1576).
— *Esula rara Penae et Lobelii*: Dalech. *Hist.*, pag. 1665 (1587).
— *Esula rara nostra floribus purpurascentibus*: Donati, *Tratt. dei Semplici* ecc., pag. 40 (1631).
— *Alypum quibusdam, sive Esula rara flore purpureo*: J. Bauh. *Hist. pl.*, III, libr. 34, pag. 626 [fig. ex Lob.] (1650-1651).
— *Tithymalus maritimus purpurascentibus floribus*: C. Bauh. *Pin. Theatri Botanici*, pag. 291 n. 4 (1671).
— *Tith. marit. venetus*: Ray, *Hist.*, pag. 886 (1686-1704).
— *Vincetoxicum marit. salicis folio*: Rupp. *Fl. Jen.*, pag. 20 (1718).
— *Apocynum maritimum venetum, salicis folio, flore purpureo, et Ap..... flore albo*: Tourn. *Inst.*, pag. 92 (1719).
— *Periploca maritima, salicis folio, flore purpureo*: Ponted. *Ant.*, libr. I, pag. 72 (1720).
— *Apoc. maritimum, venetum, salicis folio, flore purpureo*: Zann. *Ist. piante cresc. Lido att. Venezia*, pag. 19 (1735), op. posth.
— *A. foliis ovato-lanceolatis*: L. *Hort. Cliff.*, pag. 80, n. 2 (1737).
— *A. caule rectiusculo herbaceo, foliis ovato-lanceolatis*: Roy. *Fl. lugd. prodr.*, pag. 411 (1740).
— *A. syriacum* S. G. Gmel. *Reise durch Russl.*, II, pp. 198-257 (1774).
— *A. androsaemifolium* Forsk. *Fl. aeg.-arab.*, pag. XXII (1775).
— *A. compressum* Mnch., *Meth.* pag. 464 (1794).
— *A. sibiricum* Pall. ap. R. Br. in « Mem. Wern. Soc. » I, pag. 68 (1808-1810); Roem. et Schult. *Syst. veg.*, pag. 405 (1819).
— *A. purpureum* Tausch, in « Flora » XIX, 2ª, pag. 385 (1836).

Icones. — Lob. *Hist.*, pag. 201; Don. *Sempl.*, pag. 39; Zann. *Ist. piante Lid. Ven.*, tav. 76; Lam. *Ill.*, II, pag. 428; Falk. *It.*, II, tav. 4; Targ.-Tozz. *Observ.*

bot., dec. I et II, tav. 2, figg. 33-36; Ledeb. *Ic. Fl. Ross.*, III, tav. 240; Reichb. *Ic. Fl. Germ*, XVII (27), tav. 24 (MLXV); Fio. e Paol. *Fl. ital. illustr.*, fig. 2737.

Diagnosis. — *Perennis, caule cylindrico, glabro e viridi rubenti, ramoso, ramis ascendentibus vel patulis, plerumque alternis, 0,50-1 m. alto. Folia breviter petiolata, elliptico-lanceolata, rarius ovato-lanceolata, opposita vel alterna, basi cuneata, apice obtusa cum mucronulo in medio, glabra, margine serrulata, utrinque laete viridia, costa valida centrali percursa nervis lateralibus parum evidentibus. Cymae pedunculatae terminales et laterales plus minus ramosae. Flores pedunculati, bracteolati, pedunculis erectis vel patentibus minute piliferis. Bracteae deciduae. Calyx quinquepartitus sepalis lanceolatis acutis* $^1/_4$ *corollae brevioribus, coloratis, minute pilosis. Corolla parva vel mediocris roseo-carnea, campanulata, extus et intus puberula, quinqueloba, lobis ovatis, obtusis, patentibus,* $^1/_3$ *tubo brevioribus. Antherae polline in planta italica abortivo. Folliculus longe attenuatus rectus vel rarius breviter falcatus et incrassatus. Reliqua generis.*

Area geografica. — È amplissima, estendendosi, come sopra dicemmo, dalla Cina settentrionale all' Italia nell'alto Bacino Adriatico. Fu indicato, senza *habitat* precisato, anche più ad oriente e cioè nel Giappone (Franchet et Savatier, n. 47), ma noi non ne vedemmo esemplari, nè ci consta che vi sia stato raccolto o segnalato più di recente. Numerose sono le segnalazioni per la Cina e le stazioni sin qui acquisite alla scienza, ed in in parte da noi autenticate, cadono tutte nella parte boreale bagnata dall' Hoang-ho e suoi affluenti, vale quanto a dire nella vasta regione del *loess*. Bunge (n. 28) lo dice frequente « in humidis prope Kautai »; Franchet lo annovera fra le piante dei dintorni di Tché-fou (46) e di nuovo (45) nei campi sterili lungo un ruscello presso Pechino. Numerose sono le stazioni riportate dal Forbes ed Hemsley (43) pei dintorni di Pechino, Talienhwan, Chefoo, ecc. Nel Tibet fu segnalato dall' Hemsley (75) nei territorî a nord e ad est di questo paese e precisamente nello Tsaidam nella formazione delle dune mobili insieme con *Haloxylon Ammodendron, Psamma villosa, Tamarix Pallasii* e *laxa*, ecc., e dall' Hooker (81) nel Tibet occidentale, nella Shayuk valley, all'altezza di 8000′. Numerose sono le indicazioni date sia del Turkestan cinese, sia di quello russo, e quasi tutte da noi autenticate (ved. specialmente Danguy, n. 35). Nell' Afghanistan, Aitchinson (1) lo segnala di Badghis. Nella pianura circostante agli Altai, e precisamente « in planitiebus subsalsis prope Loktennsk », è menzionato nella *Flora altaica* del Ledebour (87), il quale nell'altra sua maggiore opera sulla Flora della Russia (87 *bis*) lo cita, per esemplari da lui visti o da indicazioni desunte da botanici che lo precedettero (Pallas, Falconer, Eichwald, Hohenacker, ecc.), per varie stazioni della Russia media fino a Kazan, del bacino caspico, delle provincie caspiche orientali ed occidentali, delle steppe dei Kirghisi e del deserto songorico: Regel ed Herder (113) e molti altri botanici, in seguito, hanno aggiunto ulteriori notizie sulla diffusione della nostra specie e che in parte sono condensate negli *habitat* da noi autenticati negli Erbarî. Forskal (44), sotto l'errato nome di *A. androsaemifolium*, fu il primo a segnalare la specie per i Dardanelli; « et in arenosis maritimis Ponti Euxini prope Byzantium » la ricordano Sibthorp e Smith (123). Nella classica « Flora orientalis » di Boissier (18), oltre che di questa provenienza, è citata di Smirne, della Siria boreale a Marasch, del

Kurdistan, del Turkestan e della Persia sett. e merid. nei monti di Kuh Kilouyeh a 7000′ (leg. Haussknecht): regioni di cui vedemmo ricco materiale, fatta eccezione dell'ultima, che tuttavia non escludiamo, quale uno dei punti estremi dell'area distributiva della nostra specie. Altra stazione interessante è quella fatta conoscere nel 1910 dal Bornmüller (21) di « Urmia, Disé-siamek ad rivi ripas ». Del littorale della Romania, e precisamente presso Portiza, fu segnalata da Kanitz (84) e dal Brandza (22), e di quello della Bulgaria, e precisamente presso Varna, dal Georgieff, e presso Burgas ed Anchielo dal Davidoff (37). Dei luoghi arenosi marittimi della bassa Albania lo designa, ma senza *habitat* precisato, il Beck v. Mannagetta (9), ma a noi non riuscì di esaminare saggi di tale provenienza. Non lo vedemmo nemmeno di Dalmazia, che è inclusa da qualche autore nell'area distributiva della specie. Quanto all'Italia, le prime segnalazioni della specie rimontano al sec. XVI e si riferiscono alla pianta vegetante in floride colonie nei Lidi attorno a Venezia. In seguito fu scoperta anche nel littorale Friulano e Triestino; e, affatto recentemente, il primo di noi la rinveniva nel basso Polesine nelle arene fluviomarine alla sinistra del Po di Levante (10). Oltre cinquant'anni fa venne raccolta ed indicata dal Rabenhorst (109) per il Gargano: stazione tutt'altro che improbabile, ma dove non fu in seguito rinvenuta; e noi ne vedemmo un dubbio esemplare in località più internata (Altamura).

Il materiale da noi esaminato è da ripartirsi nelle seguenti varietà:

α typicum Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis anguste elliptico-lanceolatis brevissime petiolatis vel fere subsessilibus, 30-70 mm., polline semper abortivo.*

Ic. nostr: tav. I, fig. 1.

Staz. e loc. — È la pianta del Bacino Adriatico così distribuita:

Littorale Triestino e Goriziano. — Fu indicata per la zona fra Monfalcone ed Aquileia (Reich. 111), fra Barcola e Grignano (Bert. 13), ecc., e più recentemente il Marchesetti (96) la segnala « lungo la strada verso Miramar presso Cedas intorno al serbatoio di acqua », e sarebbe pure frequente sulle dune che si stendono verso Grado ed il Pospichal (105) per la marina presso Monfalcone sino al Porto Buso e lungo la strada da Miramare a Cedas.

Vedemmo i seguenti esemplari: in litore inter Tergestum et Duino (leg.? in Hb. Br., Rm. g. et Hb. U. S.); Trieste-Barcola, IV 1882 (Marchesetti, in Hb. Br.); Triester Gebiet am Strande bei Cedas und Grignano (Tommasini, n. 1458, in Hb. W. g., Br. e Pb.); in litore maris prope Grignano (id., in Hb. Pn. e Bp.); Trieste-Grignano, VI 1879 (Marchesetti, in Hb. Br.); dintorni di Miramar, VII 1884 (Engelhardt, in Hb. Ps., Mart., Br. e Rom. g.), VIII 1885 (id., in Hb. Mart.); Abhänge bei Miramar an West Triest, VII 1884 (Steurer, in Hb. Rom. g., Br. e Pb.); langst der Strasse nach Miramar, VIII 1885 (C. Blamer, in Hb. Mt.); am der Strasse nach Miramar, VII 1894 (Ginzberger, in Hb. W. g.); Trieste-Miramare, VI 1882 (Marchesetti, in Hb. Br.); Miramare, 1894 (Ginzb., in Hb. W. g.; Pauliesch u. Stuner, in Hb. Deg.); Küstenland von Triest nach Miramare, VIII 1899 (Hayek, in Hb. W. g.); an der Strasse zwischen Triest und Miramar an lehmigen Abhang mit *Crithmum,*

VIII 1896 (Diels, in Hb. Br.); Kustenland am Meere bei Grado, VI 1868 (Pichler, in Hb. U. S.); in collibus arenosis ad litus mari Adriatici prope Grado (Pichler, in Kern. *Fl. exsicc. austr.- hung.*, n. 188; in Hb. W. g., C. ext. Fl. ecc.); auf dem. gross. Sandhügel bei Grado, VII 1879 (Pichler, in Hb. W. g. et Hb. U. S.); Adriatische Sand bei Grado, 1869 (Pichler, in Hb. Br. et W. Kr.); Aquileia in collibus arenosis littoris prope Centinara, VI 1905 (Evers in Hb. W. g.); am Meestrande zwischen Monfalcone u. Aquileia cum *Convolvulus Soldanella*, 25 VI 1812 (Sieber in Hb. Gn., Br. et Pb.); Monfalcone (Tommasini, in Hb. Ps., W. Kr. et Pb.); Monfalcone in arena maris, VI 1867 (Heucher, in Hb. Br. et W. Kr.); Monfalcone (Muller, in Hb. W. g.; Sieber, in Hb. Pb.; Schiede, in Hb. W. g.); prope Monfalcone (leg.? n. 364 in Hb. Gn. et Br.); Monfalcone ad litora maris, V 1825 (Brumati in Hb. Pb.), VI 1866 (Pichler, in Hb. Br.), VI 1867 (Anchsan, in Hb. Br. e C. ext. Fl.), in littorale (Biasoletto, in Hb. W. g.); in maritimis alla « riva longa » (Biasol. e Meyer in Hb. Pb.).

Littorale Friulano. — Indicato da L. ed M. Gortani (53) per alcune stazioni tra la foce del Tagliamento e Porto Buso. Ne esaminammo un solo esemplare raccolto ad una certa distanza dalla spiaggia nel 1888 dal Tacconi, e cioè a Gonars (in Hb. c. it. Fl.): *habitat* attendibile?

Littorale Veneziano. — Vi fu indicato da molti botanici, e quasi tutte le stazioni da noi autenticate erano acquisite alla scienza. Il primo di noi, in un recente lavoro sulla flora di questo littorale (12), l'ha segnalato alla destra del Tagliamento presso la foce tra la *Pineda* ed il mare, nella marina di Cortellazzo e Cavallino, a S. Nicolò di Lido presso lo Stabilimento dei Bagni, nella spiaggia degli Alberoni e nell'agro Clodiense a Brondolo.

Ne vedemmo i seguenti esemplari:

E litore Clodiensi (leg.? in Hb. Br.); Brondolo presso Chioggia nelle dune, VII 1896 (Adr. Fiori, in Hb. c. it. Fl. e Pt.); Malamocco (Zanardini, in Hb. c. ext. Fl. e Pt.; Sulo? in Hb. Gn. VI 1856 leg.? in Hb. Br.); Alberoni (ex Hb. Kellner, a. 1844 in Hb. Pt.; leg.? in Hb. Br.; Kellner, a. 1841, in Hb. Rom. g.; Bérenger in Hb. Pt.); Lido in arena maris copiose, a. 1854 (Venturi in Hb. Br.); in arenosis maritimis prope Venetias, VII 1880 (Penzig, in Hb. Pt., Deg. e n. 1169 in Hb. Br.); Lido in arenosis maritimis, IX 1899 (Sommier, in Hb. c. ext. Fl. et in Hb. Somm.); inveni in litore maris Venetiis, a. 1854 (Venturi, in Hb. W. g.); Lido (D. Saccardo, in Hb. Pt.); in arenosis maritimis Venetiis, 12 VI 1887 (Levier, in Hb. Mt., Pn., Mart., c. ext. Fl. et in Hb. Deg.); littorale presso S. Nicoletto, VIII 1894 (G. P. Magrini, in Hb. Mt. et Pt.); Lido bei Venedig, 1856 (leg.? in Hb. W. Kr.); Sand bei Venedig (leg.? in Hb. Bp.); Lido am Strand, VII 1878 (Rusd.? in Hb. Br.); litore veneto, 1840 (Kellner, in Hb. Br.); arene marittime del Lido (Groves, in Hb. c. it. Fl.); Lido, VIII 1880 (Penzig, in Hb. Pn.); Lido (Barbieri, in Hb. c. ext. Fl.: Kellner e Paoletti, in Hb. c. Fl.); in litore veneto (Manganotti, in Hb. Rom. g. et Hb. c. it. Fl.); Insel Lido, 1889 (Ruchinger, in Hb. W. g.); Lido, VII 1897 (Pampanini, in Hb. Rom. g.), 1880 (Penzig, in Hb. Ps.); Lido-Tre Porti, VII 1818 (leg.? in Hb. Br.); S. Erasmo, V 1903 (Pampanini, in Hb. c. it. Fl.).

Littorale del Polesine. — Indicato dal Terracciano (126) tra le sabbie presso Porto Fossone e rinvenuto dal primo di noi (10) nelle arene presso la foce del Po di Levante il 20 luglio 1908 e distribuito nel n. 1109 della « Flora Italica exsiccata ».

Puglie. — Indicato dal Rabenhorst (109) per il Gargano donde non vedemmo esemplari, nè ci consta che vi sia stato di recente ritrovato. Nell'Erb. gen. dell'Ist. bot. di Genova si conserva un esemplare con questa provenienza: « Regno neapol. prope Altamura: leg. Rabenhorst, V 1847 » — qui avvertendo che il Rabenborst non fa menzione di questa località.

Località extraitaliane. — È molto probabile che al tipo od alla var. *latifolium* debba riferirsi l'*A. venetum* indicato da qualche botanico per la Dalmazia e da altri per qualche punto della costa montenegrino-albanese (ad es.: presso Antivari, sec. Beck, n. 9), ma non ne vedemmo esemplari. Nell'Erb. centr. di Firenze, degli esemplari raccolti fra Messivria ed Eminé (Bulgaria), uno rappresenta il tipico *A. venetum*, un altro fa passaggio alla var. *oblongifolium*. Non sappiamo distinguere dal tipo saggi esaminati nell'Hb. W. Kr. provenienti dai dintorni di Aleppo.

β **latifolium** Rchb. *Ic. Fl. Germ. et Helv.*, XVII (27), pag. 16, tab. XXIV (1855).

Diagnosis. — *Differt a typo foliis elliptico-lanceolatis latioribus et evidentius petiolatis. In reliquis nulla differentia!*

Vegeta qua e là con il tipo cui ricollegasi con tutti i possibili intermediarî, e può interpretarsi come un intermediario con la varietà seguente. È principalmente la pianta derivante dai germogli che si originano dai zizomi, mentre quello è più che altro la pianta proveniente da germogli radicali: ma questa regola non ha valore assoluto. Reichenbach ha insistito sull'ovario glabro nella varietà e vellutino nel tipo, ma tale carattere non ha per noi alcun valore.

γ **oblongifolium** Bég. et Bel. et δ **longifolium** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differunt a typo foliis late vel anguste elliptico-oblongis basi nunc distincte cuneatis nunc parum rotundatis, semper longius petiolatis, limbo in γ 40 × 14 mm., in δ 70 × 20 mm., petiolo 5-8 mm. longo. Planta ut plurimum robustior et ramosior, corolla interdum major, floribus saepe subpendulis.*

Ic. nostr.: tav. I, fig. 2 (γ) e fig. 5 (δ).

Staz. e loc. — Sono le due forme più largamente distribuite, la loro area estendendosi attraverso l'Asia dalla Cina al Caucaso ed Asia minore e nei territorî bagnati dal mar Nero: sembra mancare in quelli Adriatici.

Ne vedemmo i seguenti esemplari:

Dardanelli (costa europea). — Tracia: Tekir-Dagh, in saxosis ad Propontidem prope pagum Koumbaos (Degen, in Hb. Deg.).

Dintorni di Costantinopoli (Aucher-Eloy, *Herb. d'Orient.*, n. 3818, in Hb. c. ext. Fl. et Hb. W. g.).

Bulgaria e Romania. — Gli esemplari del littorale bulgaro fra Messivria ed Eminé oscillano, come sopra fu detto, fra il tipo e la var. *oblongifolium*. A questa vanno riferiti i saggi di « Portiza am Schwarzen Meer » 13 VIII 1873 (Sintenis, n. 152, in Hb. Br.).

Crimea. — Am Ufern des Meeres bei Laspi (A. Lehmann, *Exsicc. itin. Tauri*ci, a. 1874, n. 584, in Hb. Br.). Il v. Steven (124) così lo indica: « in sepibus vinearum vallis Sudak crescit..... ».

Corso infer. del Volga. — Astrachaniae ad litora maris Caspii, 1816, (Treviranus, in Hb. Br. et Pb.); Astracan (Hansen, in Hb. Pb.); Rossia ad Wolgam inferiorem (Georgi, in Hb. Bp.); Sarepta (Fischer, in Hb. Br. sub nom.: *A. venetum* var. *wolgense*!). Del Volga, senza *habitat* precisato, vedemmo inoltre saggi raccolti dal Fischer, Bunge, ecc., e, secondo alcune indicazioni, si spingerebbe sino a Kazan.

Corso infer. dell'Ural. — Uralsk, 1873 (Burmester, in Hb. Pt., Pb., Pn. et Hb. U. S.); inter flumen Irgor et Orenburg, 1853 (Girzorth, in Hb. Pb.).

Asia minore. — Anatolia (Wiedemann, in Hb. c. ext. Fl., W. g., Br. e Pb.); in arenosis maritimis ad Ostia Meandri prope Smyrnam, IV 1861 (Bourgeau, in Hb. c. ext. Fl.); sable maritime près de l'embochoure du Méandre, VII 1860 (Balansa, in Hb. Pb.); Tokat (leg.? in Hb. Gn.); prope Gemlek (Wiedeman, in Hb. Pb.).

Transcaucasia. — Prov. Kars, distr. Olty, ad ripas Olty- cai infra pagum Chassos, 15 VII 1907 (Kenig, in Hb. Tf.); id. prope pagum Egre-nilissa, 22 VI 1907 (Michajlowsky, in Hb. Tf.); Batum, distr. Artwin prope Irsa, 25 V 1907 (Woronow, n. 1084, in Hb. Tf.).

Caucaso p. d., vers. caspico. — In humidis inter arundines prope Lenkoran et Kisilagatsch (Hohenacker, *Un. Itin.*, a. 1838, in Hb. c. ext. Fl., Pn., W. Kc. et W. g., Bp.); in arundinetis Lenkoran (Hb. Fischer, in Hb. Pb.); Lenkoran (Hohen., n. 858 in Hb. Pb.); Cauc. prov. Elisabethpol, distr. Aresch, Bos-Dagh, 19 V 1899 (Fomin, in Hb. Tf.); Elisabethpol culta (in Hb. Pb.); Elisabethpol (Fischer, n. 848, in Hb. Pb.); Mirs bei Schiruk (Bayern in Hb. Br.); Tiflis ad ripas fluminis Vera — culta in sectione caucasica — 19 VII 1904 (Sosnowsky, in Hb. Tf.); Kura bei Alexanderdorf (Schuman, *Fl. Taur.-cauc.* in Hb. Pn.); Grusien (Georgia) Thorursersne? (Hach in Hb. Br.); Prov. Daghestan, distr. Awarsh, prope pagum Gimri in glareosis ad Koissu, 22 V 1901 (Alexcenko, *Fl. cauc.*, n. 12665, in Hb. Tf.). Qui aggiungiamo che l'Hohenacker (78) lo ricorda pure per la provincia di Karabagh e ne vedemmo un esemplare di raccoglitore ignoto nell'Hb. di Pietroburgo, ed il Gueldenstaedt (54) per la Ciscaucasia lungo il fiume Terek. La prima località s. c. è così completata da Hohenacker (78) « inter Kisilagatsch et Lenkoran, ad torrentem Götschai in prov. Schirwan ».

Armenia turca. — Armenia turcica, Kharput, Schuschnas ad rivulos, VI 1889 (Stapf in Sintenis, *It. orient.*, n. 745, in Hb. Br., Hb. W. g. et Hb. Deg.); Apaxer y purku Myzi? (Massalsky, *Pl. arm.*, 1886, in Hb. Br.).

Kurdistan (alta valle del Tigri e dell'Eufrate). — Prope pagum Gara (Kotschy, *Fl. Alepp. Kurd. moss.* n. 397, ed. Hohenacker, an. 1843 in Hb. Bp. sub: *Salix babylonica* L. var.); circa scaturigines prope Amadiae Kurdistaniae (Ky. in *Exsicc. s. c.*, n. 399, in Hb. Ps., Pn., Rom., W. g. Kc., c. ex. Fl. et in Hb. Pb.).

Siria. — Qui ricordiamo che, sotto il nome di *A. syriacum*, Gmelin (55) ha descritto una specie che parrebbe sia stata raccolta in Siria (od in Siberia = *sibiricum*?) e che l'*Index Kewensis* sinonimizza con *Calotropis procera*! Riferimmo al tipo gli esemplari di Aleppo (vedi sopra), mentre appartengono alla var. *oblongi-*

folium quelli raccolti « in dumetis flum. Ak-su, prope Marasch, alt. 1000′, 20 VII » (Haussknecht, *It. syr.-arm.*, 1865, in Hb. Br.).

Persia boreale. — Persia borealis (Szovits in Hb. U. S. Pb., Br., W. g., W. Kc. et in Hb. c. ext. Fl.); Ghilan (o Gilan) (Aucher-Eloy, *Hb. d' Orient*, n. 4924, in Hb. W. g., c. ext. Fl. et Hb. Pb.); Karadagh, n. 728, 21 VII 1847 (Buhse, in Hb. Pb. e Br.); prov. Aderbeidschan ad rivulorum ripas Khoi, 10 XI 1828 (Szowits, n. 426, in Hb. Pb.); prope urbem Teheran, 24 VI 1843 (Kotschy, *Pl. Pers. bor.* ed. Hohenacker, 1846); ad fines Persiae in arundinetis prope Kulkulab (Sintenis, *It. transcasp.-persic.*, 1900-1901, n. 786, in Hb. Br. W. g. et Hb. Deg.).

Persia centrale (Luristan). — Teny Vallé, 7000′ (Haussknecht, *It. or.*, 1868, in Hb. Br.); Kuh Nur (Id., in *exsicc. s. c.* in Hb. Bp.).

Persia meridionale. — Vi è citato, come fu detto sopra, dal Boissier, ma non ne vedemmo esemplari. Stazione importante per la Persia bor.-occid. è quella del lago di Urmia (leg. Bornmüller) di cui sopra fu parola.

Regione transcaspica. — Regio transcaspica, Soluklii (Saratowka in Hb. Pb.); Mulla-Kary, IV 1886 (Radde, *Pl. transcasp.*, n. 859, in Hb. Pb.); Desert. caspium (Gresnyatschensey, in Hb. W. g.).

Bacino del lago Aral. — Penisola Bugai sulla riva orientale del lago Aral, 21 V 1849 (Butakow, *Pl. ad lacum Aral coll.*, in Hb. Pb).

Bacino del lago Balkasch. — Balkasch, Songarei, 11 VI 1843 (Schrenk, in Hb. Pb.); prope fl. Chorgas (Krassnow, *Flora Iliensis*, 1886, in Hb. Pb.).

Turkestan russo e regioni contermini. — Più o meno vagamente indicato per questa vasta e poco nota regione. Recentemente il Danguy (35) lo designa di Djizak, n. 896, Ouroumikane, Tchoukalik, n. 897 e Vernoïe, n. 496 (esemplari conservati nell' Erb. del Museo bot. di Parigi). Ne vedemmo materiale abbastanza ricco delle seguenti provenienze: Ilissas, plateau Jawan, 1900′, VII 1882 (Regel, *It. turkestanicum*, in Hb. Pb.); Suidun (Abiachun in Regel, *Exsicc. s. c.* in Hb. Pb.); in pylis Sahar inter Langar et Darves, VI 1884 (Reg. s. c. in Hb. Pb.); fl. Algoi in N.-W. v. Turfau, 1-6000′, 13 IX 1879 (Reg. s. c. in Hb. Pb.); Djumabasar, 19 V 1892 (Komarov, *Fl. Seravschanica* in Hb. Pb.); Tak-Fon (leg. id. *Fl. Ser.*, in Hb. Pb.); Chajur-Sumun, 1000-2000′, 26 V 1857 (Regel, *It. turkest.* in Hb. Pb. e W. g.); Hissar pr. Jawan, 1700′ VII-VIII 1882 (Reg. ibid.); Sam-Salkow, 22 VIII 1879 (Newesky, *Fl. Turkest.* in Hb. U. S., Br., Pb.); prope Vernoije, VIII 1891 (Timobejew in Hb. Pr.); Vernoiie (Chaffainon, *Pl. de l'Asie centr.*, n. 496 e 773 in Hb. Pr.); in valle fluminis Syr-Daria (*Pl. aralo-caspicae*, n. 215, in Hb. Pb.); Turkestan ad flumen Lepsinka, 25 VII 1891 (Timsfegen, in Hb. U. S. et Pb.). Vedemmo, inoltre, saggi senza precisa provenienza raccolti nel 1878 da Lazionow (Hb. Rm. g.) e nel 1879 dal Neweschy (Hb. U. S.).

Turkestan cinese (Casgaria). — Sembra essere più raro, o quanto meno vi fu scarsamente raccolto ed indicato. Ricordiamo, tuttavia, che Hance (72) lo dice raccolto nel 1881 da W. Mesny a Sha-ni, e nell' Erb. di Pietroburgo ne vedemmo saggi di Pschicharf, Darwas, alt. m. 2660, raccolti nel 1890 da Grombizewski. È la la var. *oblongifolium*.

Afghanistan. — Comon in beds of streams and in marshy localities at Gulran at an alt. of 2000′ (J. E. T. Aitchinson, 1884-85, n. 115, in Hb. c. ext. Fl. et in Hb. Pb.). È la var. *oblongifolium*.

Kashmir. — Naltar Valley, district Gilgit, 5-6000′, VIII 1792 (J. F. Duthie, *Flora of Kashmir*, in Hb. Br., W. g., c. ext. Fl. et in Hb. Pb.); S. of Hindu-Kush, Gilgit exped., 1887 (Giles, in Hb. Pb.); Kashmir (Hb. Fischer in Hb. Pb.). È la var. *oblongifolinm*.

Siberia altaica. — Sulle rive del gume Irtisch, in terra sabbiosa, 28 V 1836 (Politow, *Herb. altaicum*, n. 134 in Hb. Pb.); Altai (Dahenberg, an. 1881, n. 498, in Hb. Br., e Politow, in Hb. W. g.).

Songaria. — Le due varietà vi sembrano comuni, e noi ne vedemmo gli esemplari seguenti: Songarei, Karagandy, 19 VII 18941 (Schrenk, n. 203 in Hb. Bp. e Pb. sub *A. sibirico*); sandige Flussufer der Sary-su, 18 VIII 1842 (Schrenk, n. 205 in Hb. Pb. e Pn. sub *A. sibirico*); Song. chin. ad lacum Sairang-Nor (leg.? in Hb. Br.); in salsis Songariae prope Dschüss-Ahatsch (Karelin et Kiriloff a. 1841, n. 1707 in Hb. Br. e Pb. sub: *A. sibirico* et in « Flor. Baic.-Dah. » in Bull. Soc. Imp. des Nat. de Moscou, a. 1842, n. 2, pag. 402); Steppen am Ajagus, 29 V 1840 (Schrenk, in Hb. Pb. e Pn.). Vi è prevalente la var. *longifolium* Nob., spesso molto stenofilla!

Tibet. — Ne vedemmo un solo esemplare con questa provenienza: am Felsen in Sand aber 1 m. hoch bei Achinaskang West-tibet, 8-9000′, VIII 1905 (A. Meebold, *Fl. des W. Himalay's*, n. 2995, in Hb. Br.). È la var. *oblongifolium*!

Cina. — Sono localizzate, a quanto pare, nelle provincie settentrionali donde si hanno parecchie indicazioni del tipo riferite sopra. Vedemmo i seguenti esemplari: Tsingtan (Praeger, in Hb. Br. = var. *oblongifolium*); dintorni di Pechino (Kirihoff e Tartarinoff, in Hb. Pb. = var. c. s.); Pekin (Kirikoff ex. Hb. Fischer in Hb. Pb. = var. *longifolium*); Cina (Bunge in Hb. Pb. = var. *oblongifolium* e *longifolium*).

Come sopra fu detto, non furono di recente confermate le indicazioni della specie per il Giappone.

Alla var. *oblongifolium* è pure da riferire un esemplare conservato nell'Erb. naz. degli Stati Uniti, con la seguente strana provenienza: « circa urbem Panormum Siciliae ubi est adventiva », raccolto nel giugno 1871 da M. Gandoger (ex Hb. George Curling Joad.). È probabile trattisi di pianta vista coltivata o sfuggita alla coltura fattane nell'Orto botanico di Palermo.

Osservazioni. — Le due varietà da noi stabilite, molto caratterizzate nei termini estremi (cfr. le figure della tav. sopra citata), sono collegate da una serie ininterrotta di intermediarî che non di rado lasciano perplessi sul riferimento all'una od all'altra, in considerazione che nel materiale d'Erbario sono spesso rappresentate da soli frammenti della pianta originaria. Ambedue convergono in un carattere comune e, cioè, nella cospicua lunghezza del picciuolo, che può raggiungere anche 8 mm. e che è sempre ben distinto dal lembo: ciò che non si riscontra mai nella forma tipica. Ambedue, ma specialmente la var. *longifolium*, offrono forme con stenofillia più o meno accentuata. Nessuna ha area propria, non di rado della stessa località avendo esaminato esemplari delle due forme. Nell'Erb. del Museo Imp. di Pietroburgo le

forme stenofillari sono quasi sempre designate col nome di *A. sibiricum*, pubblicato dal Pallas in un lavoro del Brown inserito nelle « Mem. Wern. Soc. », I, pag. 68 ed indicato « in salsis desertorum Astrachaniae ». Non ci fu possibile di vedere gli autotipi che sono conservati nell' Erb. Banks, ma dalla descrizione riportata nell'opera di Roemer e Schultes (116bis) la pianta viene descritta con le foglie ovate-oblunghe ed a base ottusa (ciò che non è sempre), mentre in *A. venetum* le foglie sarebbero oblungo-ellittiche ed a base subattenuata. Nella Flora Altaica del Ledebour (87), a spese di *A. sibiricum*, considerato come specie a sè, vengono stabilite le var. *α latifolium* e *β-angustifolium*. Non v'è dubbio che in queste forme siano adombrate le nostre due varietà: ma la definizione che ne è data non dirime il dubbio che gli autori vi abbiano compreso anche le varietà seguenti. Questi nomi, perciò, non potrebbero essere mantenuti senza ingenerare confusione, qui aggiungendo che lo Jacquin aveva già adottato il nome di *sibiricum* per altra specie, e che lo stesso Ledebour nella « Flora rossica » ha finito per sinonimizzare la specie Pallasiana con *A. venetum*.

Le differenze fra la pianta latifoliare della Crimea e del Caucaso e quella italiana erano state in parte intravvedute dal v. Steven (124) che così scrive: « Huic et caucasico folia ovata basi plus quam pollicem lata margine glabra aut denticulis raris aspera, italico vero duplo augustiora lineari-oblonga basi non latiora creberrime denticulata, sed in floribus nullum video discrimen ».

ε **ellipticifolium** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a praecedentibus foliis ellipticis basi et apice rotundatis et mucronatis, flaccidis non coriaceis, semper distincte petiolatis. Flores saepe subpenduli.*

Ic. nostr: tav. I, fig. 4.

Staz. e loc. — Vegeta qua e là con le due varietà precedenti ricollegandosi specialmente con la var. *oblongifolium*. Ne vedemmo i seguenti esemplari:

Russia (Mar Nero). — Geok-tapa presso Jelisawetgrad, VI 1908 (Schelkowinikow in Hb. Tf.).

Russia volgense. — Rossia ad Wolgam infer. (Becker in Hb. Br.); Volga (Schrader in Hb. Pb.); an den Ausflussern der Wolga, VI 1852 (Wiesenmeyer in Hb. Br.); Sarepta, 1829 (Ehrenberg, in Hb. Pb.).

Caucaso. — Mirs bei Schiruk (Bayern, in Hb. Br.); Aguali, 9 IX 1898 (leg. Hollos in *Fl. Cauc. ex. itin. M. Dechy*, in Hb. Br.); Nucha-Ebene, 21 VI 1885 (Radde in Hb. Pb.).

Cina. — Colline presso In-Kio nello Shen-si sett. XII 1985 (leg. p. Gius. Giraldi, Erb. Biondi, n. 696 in Hb. chin. Fl.).

Osservazioni. — Ad un esame superficiale si ha l'impressione trattarsi di entità affatto distinta, ma non mancano collegamenti e forme di dubbio riferimento. Sembra trattarsi di una forma cresciuta in luoghi umidi ed ombrosi e non di rado la pianta, che vedemmo coltivata negli Erbarî di tanti Orti botanici, assume appunto i caratteri della stessa.

ϑ **anomalum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Praecedenti simile, differt foliis versus basin plus minus ampliatis.*

Ic. nostr.: tav. II, fig. 1.

Staz. e loc. — È forma rara e ne vedemmo saggi di Astracan (leg.? in Hb. Pb.); degli Altai, 1829 (Ehrenberg, in Hb. Br.); presso Kazala (*Reliquiae Fischerianae* in Hb. Pb.); della Persia sett. a Gilan pr. Bibersin, 30 V 1848 (Buhse in Hb. Pb.). Vi fanno passaggio gli esemplari s. c. del Turkestan cinese.

ϑ **turkestanicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta valide ramosa, ramis saepe divaricatis, microphylla foliis ellipticis vel oblongis 25 × 6 mm., petiolo breviori.*

Ic. nostr.: tav. I, fig. 6.

Staz. e loc. — Questa varietà è fondata sul n. 1030 delle « Schedae ad Herbarium Florae Rossicae a Museo botanico Acad. imp. scient. Petropolit. editum, aprile (1902) », e la pianta venne raccolta nel Turkestan russo a Buchara « ad ripas fl. Amu-Darya pr. Farab » (1 agosto e 16 settembre 1901). Vedemmo, inoltre, altri saggi di Merw, 3 maggio 1884 (Regel, *It. turk.*, ibid.), del Caucaso nel Boz-dagh, 21 agosto 1902 (Schelkonnikow in Hb. Tf.) e della Cina, a Xeu-lun-tam (leg.? in Hb. Pb.).

ϑ **scabrum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Folia et inflorescentia ut in var. turkestanico, ab hoc et ab omnibus varietatibus differt foliis in pagina inferiore secus nervos (nec non margine) scabris.*

Staz. e loc. — Ne vedemmo un esemplare in fiore ed in frutto nell'Erb. dell'Orto botanico di Pietroburgo, sotto il nome di *A. venetum β scabrum*, raccolto il 26 agosto 1873 da Korolkoff e Krause a Chiva lungo l'Amu-darya, e pure in questo Erbario, sotto il nome di *A. venetum* L.? var. *foliis emarginatis*, raccolto dal dott. Giles nella « Gilgit expeditions, 1885 », n. 264. Forma interessante, poichè estrinseca un carattere, la scabrizia della pagina inferiore delle foglie, affatto eccezionale nella stirpe: il primo saggio ha foglie della var. *turkestanicum*, il secondo della var. *ellipticifolium*. In questo secondo l'apice fogliare è leggermente smarginato.

ι **microphyllum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta omnibus partibus, ut videtur, minor, foliis alternis, anguste linearibus, 15 × 3 mm., floribus plus minus cernuis.*

Ic. nostr.: tav. I, fig. 3.

Staz. e loc. — Ci è nota solo della Cina sett., ma merita di essere studiata su materiale più abbondante e su esemplari più completi. Vedemmo saggi di: Shaepei-san, Shen-si sett., agosto 1894 (leg. d. Giov. Tsan, Hb. Biondi, n. 4278 in Hb. chin. Fl.); Poo-li, 20 km. circa a S-O di Tcm-J-scien, Shen-si sett., luglio-agosto 1894 (leg. p. Zanobi-Zampini e servo, Hb. Biondi, n. 4217, in Hb. chin. Fl.).

× **brachycarpum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Folia ut in var. oblongifolio, ab hoc et ab omnibus aliis varietatibus differt folliculis incrassatis et breviter subrecurvatis, 100 × 8 mm. metientibus.*

Ic. nostr.: tav. II, fig. 2.

Staz. e loc. — Vedemmo un solo esemplare nell'Erbario Keck (Vienna), proveniente dalla Persia boreale. Distinta esclusivamente per la brevità e per il diametro dei frutti, la varietà proposta è meritevole di essere studiata ulteriormente su materiale abbondante ed istruttivo.

II.

Stirps A. PICTI

(= *Poacynum* Baillon, 1888).

Comprende due specie confinate nell'Asia centrale: e, cioè, *A. pictum* della Songaria, ed *A. Hendersonii*, pure di questo paese, non che del Turkestan cinese e del Kan-sou mongolico. Ambedue convengono per alcuni caratteri di stirpe, quali le foglie sparse, insensibilmente attenuate in picciuolo, coriacee, di un colore verde-glauco, con nervi poco o punto visibili, per la corolla più grande, pelviforme e per i fiori penduli.

2. **Apocynum pictum** Schrenk in « Bull. phys.-math. de l'Acad. de St. Petersb. », II, pag. 115 (1844); Led. *Fl. ross.*, III, parte 1ª, pag. 43 (1847).

Diagnosis. — *Perennis, caule cylindrico, glabro e viridi glauco, ramoso, folioso, ramis ascendentibus, strictis, 0,50-1 m. alto. Folia anguste lanceolata vel linearia basi attenuata et fere sessilia, crassiuscula, cartilaginea, margine subintegro, inferiora glabra, superiora pilis minutis adpressis scabra, suprema linearia, bracteiformia, omnia nervis evanidis. Cymae pauciflorae terminales. Flores pedunculati, bracteolati, cernui, pulverulento-papillosi. Calyx quinquepartitus, sepalis ovato-acutis, corolla $^1/_3$ circa brevioribus. Corolla rosea, pelviformis, extus et intus puberula, lobis ovatis, obtusis, numquam recurvis, $^1/_3$ circ. tubo brevioribus. Fructus non vidimus.*

Ic. nostr.: tav. II, fig. 3.

Staz. e loc. — Fu scoperto dallo Schrenk « in deserto songooro-kirghisico ad m. Tamgaly-Tas » e ne vedemmo gli autotipi nell'Erb. dell'Orto botanico di Pietroburgo. Con la semplice indicazione di « Songaria » altri esemplari, pure portanti il nome dello Schrenk ed evidentemente della stessa classica provenienza, vedemmo nell'Erb. del Museo botanico di Berlino (trasmessi da quello di Pietroburgo) ed in quello di Parigi (già appartenenti all'Erb. di Al. de Bunge). Nell'Erb. di Pietro-

burgo esaminammo, inoltre, saggi affatto corrispondenti, senza nome di raccoglitore ed appartenuti all'Erb. Fischer, con questa provenienza: « Im sandigem Hugeln und am Saryssu ».

Osservazioni. — Il Baillon (in loc. cit.), fondandosi sull'esame dell'esemplare del Museo botanico di Parigi, visto anche da noi e che presenta appena qualche residuo di fiore in pessimo stato di conservazione, vi ha visto il prototipo di un genere nuovo (*Poacynum*), che ha abbastanza dettagliatamente descritto. Egli ha insistito sulla forma delle foglie, che sono strettamente lanceolate o lineari, sulla disposizione sparsa ecc.: caratteri fluttuanti nel tipico *A. venetum*. Più importante e valido è il carattere scolpito nella forma della corolla: ma non crediamo che in base ad esso se ne possa fare un genere a sè.

3. **Apocynum Hendersonii** Hook. f. in G. Henders. et A. O. Hume, *Lahore to Yarkand*, pag. 327 (1873).

Synonyma. — *A. grandiflorum* P. Danguy, *Contr. ét. du genre Apocynum d. l'As. centr.*, *in* H. Lécomte, *Not. system.*, II, n. 5, pag. 137 (1911).

Ic. nostr.: tav. II, fig. 4-6.

Diagnosis. — *Perennis, caule cylindrico, glabro et e viridi glauco, ramoso, folioso, ramis ascendentibus plerumque alternis, 0,50-1 m. alto. Folia quam in praecedenti latiora, elliptica vel ovato-lanceolata, 30-50 × 10-12 mm., apice mucronata, basi attenuata vel cuneata, plus minus distincte petiolata, crassiuscula, cartilaginea, margine minute denticulata vel subintegra, costa valida percursa, nervis secundariis prominulis vel evanidis, pulverulento-papillosa, mox glabra vel subtus subscabra. Cymae terminales paniculam amplam formantes. Flores pedunculati, bracteolati, pulverulento-papillosi, cernui vel refracti; pedunculi 10-15 mm. longi. Calyx quinquepartitus, sepalis lanceolato-acutis, papillosis. Corolla pelviformis major quam in praecedente, 15-18 mm. lata, lobis brevibus non recurvis. Folliculi penduli 15-30 cm. longi.*

Staz. e loc. — Specie interessante, scoperta da Anderson e Hume nel Turkestan cinese a 10 miglia da Yarkand. Ne vedemmo gli autotipi nell'Erbario del Mus. bot. imp. di Pietroburgo in due fogli, contraddistinto l'uno con l'indicazione di « Yarkand, sandy desert, 4000 feet, 20 V 1874 », e l'altro dal solo *habitat* di « Yarkand »: ambedue con il nome impostole dall'Hooker e che ricorda uno degli scopritori.

Per le ragioni che saranno dette avanti, a questa specie riferiamo gli autotipi di *A. grandiflorum* testè descritto dal Danguy, conservati nell'Erb. del Mus. bot. di Storia Naturale di Parigi e per la massima parte da noi esaminati. Sono i seguenti: Songaria, sur les bords de l'Ebi-nor, le 29 juillet 1896 (Chaffanjon, n. 1125); Cha-yar, prov. di Chouchar, V 1907, Turkestan (L. Vaillant, n. 266); dans une forêt de peupliers, sur la route de Bongour a Kourla, 9 IX 1907 (Vaillant, n. 468); Kan-sou à Kota-tsingtse, dans l'Oasis de Touen-Houang [Cha-tchéou], 8 VI 1908 (Vaillant, n. 714).

Osservazioni. — La diagnosi di *A. Hendersonii* ci fu comunicata dal Danguy: esso fu paragonato e differenziato dall'Hooker da *A. pictum*, con la quale lo ritenne,

del resto, strettamente alleato. Di recente esso fu ridescritto, sotto il nome di *A. grandiflorum*, dal Danguy che, dopo averlo confrontato con la diagnosi di *A. Hendersonii*, ne concluse essere specie differente per le dimensioni e la nervatura evidente delle foglie, per i lobi della corolla ricurvati ecc. Anche noi avevamo aggiustato fede alla neo-creazione, ma dopo che ci fu dato fare il confronto con gli autotipi dell'Hooker, concludiamo per la perfetta identità, fra la pianta di Yarkand e quella di altre parti dell'Asia centrale, le deboli differenze essendo dovute a fluttuazioni di caratteri sui quali l'ereditarietà non sembra avere fatto alcuna presa.

SPECIE NORD-AMERICANE.

III.

Stirps A. ANDROSAEMIFOLII.

Questa stirpe è caratterizzata dalle foglie ampie brevemente picciolate, largamente ovali od anche ovali-cuoriformi, a tessitura sottile od anche spessa, acuminate od anche ottuse in alto, ma sempre mucronate, attenuate in basso; dall'infiorescenza specialmente terminale con i rami un po' divaricati e quindi aperta, ma addensata; per la corolla ampia ed espansa, largamente campanulata o tubulosa-campanulata a tubo sempre manifestamente più lungo del calice e con i lobi rotondati ed ovali rivolti in basso o, quanto meno, patenti.

Comprende parecchie specie nord-americane, da noi ridotte a tre e cioè: *A. androsaemifolium*, *A. ambigens* e *A. pumilum*, le prime due con forme a larga area distributiva, la terza accantonata (eccetto la var. *Milleri*) nella sezione del Pacifico degli Stati Uniti [1].

4. **Apocynum androsaemifolium** L. *Spec. plant.*, ed. I, pag. 223 (1753).

Synonyma. — *A. canadense foliis androsaemii majoris*: Moris. *Hist. pl.*, III, sect. 15, pag. 607, (1680).
— *A. canadense fol. androsaemii*: Bocc. *Mus. piant. rar.*, pag. 32 (1697).
— *A. indicum fol. andros. major. fl. liliis convallium suaveolentis*: Tournf. *Inst. rei herb.* pag. 91 (1719).
— *A. foliis ovatis*: L. *Hort. Cliff.*, pag. 80, n. 1 (1737).
— *A. caule erecto annuo, foliis ovatis*: Roy. *Fl. Leyd. Prodr.*, pag. 411 (1740).
— *A. muscipulum* Mnch. *Meth. pl. hort. et agr. Marb.*, pag. 444 (1794).

Icones. — Bigel. *Amer. Medic. botany*, tav. 36; Moris. *Hist. pl.*, III, sect. 15, tav. 31, fig. 16; Bocc. *Mus. piant. rar.*, tav. 16, fig. 3; Lam. *Encycl.*, tav. 176; Curtis, *Bot. Mag.*, VIII, tav. 280; Sck. *Handb.*, 52; *Herb. Amat.*, II, 204; *Belg.*

[1] Nella bibliografia riportata in fondo al lavoro sono contenute numerose indicazioni di *habitat* di specie di questa e delle seguenti stirpi ma, per ragioni ovvie a comprendersi, non le abbiamo riportate, limitandoci a riferire quasi esclusivamente gli esemplari da noi autenticati.

Hort., I, 67; Britt. e Brow. *Ill. Flor. of the North. Un. St.*, III, f. 2875; Bartolozzi, in « Opusc. scelti scienze e arti », tav. II, fig. alla pag. 193.

Diagnosis. — *Perennis 0,35-1,20 altus, glaber e viridi rubenti, caule cylindrico, foliato, ramis sparsis, plerumque oppositis. Folia breviter petiolata, ovata, ovato-rotundata, vel ovato-oblonga, apice mucronato, basi sensim in petiolum attenuata vel inferiora rotundato-cordata, margine integerrima, glabra vel pilis raris induta vel etiam glauca, supra laete viridia, penninervia, costa glabra vel pilis densiusculis induta. Paniculae pedunculatae plus minus ramosae terminales et laterales. Flores pedunculati, bracteolati, racemiformiter, dispositi, glabri. Calyx quinquepartitus, sepalis late vel rarius anguste triangularibus, acutis. Corolla expansa, campanulata, tubo calycem bis superante, quinquefida, lobis ovatis apice rotundatis, dorso recurvis. Flores hermaphroditi nunquam, ut videtur, gymnodioici. Folliculi attenuati et maturitate penduli 50-152 mm. longi. Reliqua generis.*

Area geografica e variazioni. — Specie ad area vasta, che occupa stazioni abbastanza disparate, ma di solito nemorali, presentandosi sotto forme da interpretarsi quali varietà o variazioni, d'origine per lo più stazionale e collegate da evidenti intermediarî. Allo stato attuale delle nostre conoscenze sono le seguenti:

« **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta glaberrima foliis ovatis, saepe ovato-rotundatis, glabris et laete viridibus. Corolla magna interdum usque 8-11 mm. longa.*

Synonyma. — *A. occidentale* Rydb. *Flor. of Utah*, n. 6772, in Hb. U. S.

Ic.: nostr.: tav. III, fig. 1.

Staz. e loc. — Forma scarsamente rappresentata negli Erbarii ed a distribuzione limitata esclusivamente agli Stati occidentali dell'Unione e al Canadà occidentale (British Columbia). Ne vedemmo i seguenti esemplari:

British Columbia. — Bluff above Lardo 2000′, 15 VI 1905, leg. Shaw. *Plants of British Columbia*, n. 680, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S., et Hb. Bp.).

Stato di Washington. — Wenatchee, 28 VI 1896, Kirk Whited, *St. Nat. Herb*, n. 142 (in Hb. U. S.).

Oregon. — Near Emigrant creek, 3 to 6 miles south of Askland, Jackson Co., 2200-2400′, 19 V 1898, leg. Elmer, *Plants of Oregon*, n. 2216, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S.).

California. — Summit, Soda Springs, a?, leg. Bonte (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Wyoming. — Whalen cañon, 19 VII 1894, leg. Nelson, *Flora of Wyoming*, n. 535 (in Hb. U. S.).

Colorado. — Black cañon, band bank, 20 VI 1901, leg. Baker, *Flora of Colorado*, n. 202 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Horsetooth Mt., 20 VII 1894, leg. Crandall, *Plants of Colorado*, n. 1013, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S.).

Idaho. — About Reed Fish Latre, 7000′, 21 VIII 1895, leg. Evermann, n. 405 (in Hb. U. S.); shady ravines, Dividi between Mullan a. Cañon Cruk, 1200 m., 7 VIII 1895, J. B. Leiberg, *Pl. Northern Idaho*, n. 1500, (in H. U. S.).

Utah. — Provo, 6500′, 2 VII 1904, leg. Jones, *Plants of centh. a. soutr. Utah.*‘ n. 5560 (in Hb. U. S.); hills a. mount. oorth of Salt Lake City, 12 VII 1905, leg. Rydberg, *Flora of Utah*, n. 6160 (in Hb. U. S.); moist semi-shades places, Wasatch Mt., 16 VI 1902, leg. Gooding, *Flora of Utah a. Nevada*, n. 1227 (in Hb. U. S.); slope of Aquarius Plateau, 8500′, 25 VII 1875, L. F. Ward, *U. St. geol. a. geogr. Survey of the Territories sec. Divis.*, n. 425 (in Hb. U. S.); Big Cottonwood Cañon, below Silver Lake, 8 VII 1905, P. A. Rydberg, *Flora of Utah*, n. 6772, sub: *A. occidentale* (in Hb. U. S.).

Dakota. — Black hills, near fl. Meade, 27 VII 1887, leg. Forvood, *Plants of South Dakota*, n. 252 (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Bonnet Cañon, 5000, 23 VII 1890, leg. Williams, *Flora of Nebraska*, n. 151 (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Linné (op. cit.) ha descritto le foglie « utrinque glabris », val quale a dire ha avuto sott'occhio la forma completamente glabra che noi assumiamo quale tipo. Corrisponde all'*A. occidentale* Rydb. quale vedemmo nell'Erbario degli Stati Uniti d'America. Sta il fatto che essa sembra localizzata quasi esclusivamente nei territorii bagnati dal Pacifico, che è anche l'area di *A. pumilum*, che ricorda in parecchi particolari, specialmente nelle foglie che possono essere più piccole, ovato-orbicolate e ad infiorescenza spesso multiflora e densa. I sepali sono sempre larghi e corti, la corolla manifestamente ampia e spesso grandiflora.

β **orbiculatum** (Greene, in Hb. U. S.) Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Flores et inflorescentiae ut in typo, a quo differt foliis orbiculatis 60 × 50 mm. metientibus. Planta glaberrima.*

Staz. e loc. — Di questa forma singolare vedemmo l'autotipo seguente:

Stato di Washington. — Colville, nation. forest, 10 VII 1911, leg. Ed. Headsten (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Nell'autotipo s. c. la forma appare bene caratterizzata esprimendo il massimo della rotondità delle foglie nel ciclo, ma esistono intermediarii col tipo, come pure con *A. ambigens* ed *A. pumilum*.

γ **puberulum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis subtus praesertim secus nervos minute piliferis, pilis albis, unicellularibus. In reliquis planta glaberrima et satis variabilis quoad formam et magnitudinem foliorum. Sepala interdum angustiora.*

Synonyma. — *A. androsaemifolium* Auct. pl. non L.
— *A. silvaticum* Greene, *Access. to Apocynum* in « Leaf. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 179 (13 marzo 1912).

Ic. nostr.: tav. III, fig. 2.

Staz. e loc. — È la forma che si riscontra nel Canadà e nella maggior parte degli Stati della Confederazione americana. Le regioni donde vedemmo esemplari possono così raggrupparsi:

Canadà p. d. — Athabasca, 12 VIII 1901, Cg. Edw. a. Alf. Preble, n. 175 (in Hb. U. S.); near Quatchouan falls, lake St. John, 19 VIII 1904, leg. Wright,

Plants of Canada, n. 339 (in Hb. U. S.); Wallesley, VI 1893, leg.? (in Hb. U. S.); Brandon, 20 VII 1896, leg. J. Macoun, *Plants of Maniloba*, n. 14, 150 (in Hb. U. S.); Nova Scotia, ridge Rod, abow Springfield, 6 VIII 1910, leg. E. Greene, *Plants of Canada* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); N. Anglide, in campis ditionis, 16 VI 1890, leg. Bigelow (in Hb. U. S.); Newfounland, open woods near the confluence of the Exploits River and Badger Brook, 12 VIII 1894, leg. B. L. Robinson et H. Schrenk, *Flora of Newfounland*, n. 96 (in Hb. U. S., in Hb. Pb. et in Hb. W. g.); vicinity of Ottawia, 27 VII 1898, leg. N. Macoun (in Hb. Br); St. Thomas, 21 VI 1908, leg.? (in Hb. Br.); Late Winnipeg, 1861, leg. Bourgeau (in Hb. Br.); Rothsay, 20 VIII 1875, leg. Matthew (in Hb. W. g.); e Canada VII, 1875, leg. La Flamme (in Hb. Bp.); rocky hills Kennebeckasis? leg. G. F. Matthew (in Hb. Pb.).

British Columbia. — Hillside Carbonate 2750′, 9 VII, leg. B. Snyder, *Selkirk Flora*, n. 127 (in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. Bp.); Golstream, 2200′, 3 VIII 1905, leg. Macoun, *Selkirk Flora*, n. 1064 (in Hb. U. S.); Saskatchewan, 1857-58, leg. Bourgeau, *Falliser's Brit. N. Am. Expl. Expedition* (in Hb. Br. et in Hb. Pb.).

Ontario. — Lake Cacha, 26 VI 1900, leg. Macoun, *Flora of Algonquin Park* n. 21762 (in Hb. Br.).

Idaho. — Oxford, 21 VII 1883, leg. F. Coville (in Hb. U. S.).

Oregon. — Dalles of the Columbia, 1860, leg. Lyall (in Hb. Br.).

California. — In rocky places, vicinity of Tamarati Valley, 8400′, VIII 1901, leg. M. Hall, *Plants of Jacinto M. Sout. California*, n. 2595 (in Hb. U. S.); woods Milleris, 23 VI 1898, leg. Umbach (in Hb. U. S.); in swamps S. Bernardino Valley, VII 1888, leg. F. Parish, n. 724 (in Hb. W. g.); Indian Valley, Plumas Co., V 1874, herb. M. Pulsifer (in Hb. W. Kc.).

Utah. — Salt Lake City, 19 VII 1904, leg. Scheuber (in Hb. U. S.).

Colorado. — Artists Gleen, 2800′, 22 VII 1900, leg. F. E. et E. S. Clements, *Herb. Format. Coloradens.* n. 107 (in Hb. U. S.); Engelmann Cañon, 2700′, 27 VII 1901, leg. F. S. et E. S. Clements, *Herb. Format. Colorad.*, n. 398 (in Hb. U. S. et Hb. Mt.).

Nuovo Messico. — Sierra Madres, near Colon Garcia, 8000′, 12 VII 1899, leg. H. Townsend et M. Barber, *Plants of N. Messico*, n. 33 (sub: *A. scopulorum* in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. c. ext. Fl.).

Dakota. — Dewis Lake, 1 VII 1905, leg. J. Lunell (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); steep hillsids butte, Benson Co., N. Dakota, 9 VIII 1908, leg. J. Lunell (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); roadsids, open plan, Fartle Mount., 29 VII 1910, leg. J. Lunell (in Hb. U. S.).

Jowa. — Border of woods, Fayette Co., VII, 1894, leg. Fink (in Hb. U. S.); Plato, 10 VII 1909, leg. P. Somes, *Plants of Jowa*, n. 3329 (in Hb. U. S.).

Missouri. — Joplin mt., rocky woods, 7 VII 1909, leg. E. Palmer, *Plants of Missouri*, n. 2172 (sub: *A. urceolifer* non Miller, et *A. silvaticum* Greene, in Hb. U. S.); Eagle Proch M., uncommon near spring, 26 VI 1897, leg. Bush, *Plants of Missouri*, n. 15 (in Hb. U. S.); Con-creek in Orack Geb., 6 VI 1870, leg. Hoffmann (in Hb. Br).

Michigan. — Open fields a. hillsides, Keweenaio Co., VI 1885, leg. A. Farwell (in Hb. U. S.); Ypsilandi, 23 VI 1892, leg. Farwell (in Hb. U. S.); by shady roadsids, Marquette Co., 8 VII 1901, leg. Barlow (in Hb. U. S.); Bridgeport, comm. dry soil, 10 VII 1895, leg. H. Eames (in Hb. U. S.).

Indiana. — Common in woods a. open places, 3 VII 1903, leg. C. D. Mell, *Plants of Indiana*, n. 23 (in Hb. U. S.).

Ohio. — Painisville, VI 1885, leg. H. C. Beardslee (in Hb. Pb.).

Wisconsin. — Camp Douglas, Juneau Co., leg.?, *Flora North America*, n. 466 (in Hb. U. S.); Wisconsin, 12 VII 1888, leg. S. Kellog (in Hb. U. S.); W. Hening (in Hb. Pb.).

Illinois. — Mt. Carmel near N. Haven, 15 VI 1884, leg. Safford, n. 169 (in Hb. U. S.); hillside Freeport, 24 VII 1902, leg. Ch. Johson (in Hb. U. S.); Chicago, VI 1813, leg. Babcock (in Hb. U. S.); fields a. meadows, Galva, leg. Dowell (in Hb. U. S.); Steep Clag Creek bank, 30 VI 1900, leg. H. Chase, *Flora of Stark* Co., n. 647 (in Hb. Br.); Fountaidle, a.?, leg. Williams (in Hb. Br.); Fountaidle, Winnebago Co., 1877, leg. Bebb (in Hb. Br., Hb. c. ext. Fl., Hb. Rm. g.); Cook Co., VI 1891, leg. Babcock, ex herb. H. V. Heurck à Anvers, n. 20 (in Hb. c. ext. Fl.; Hb. Rm. g. et Hb. Pn.); Rockford, leg. C. D. Swezey, *Fl. of Rock River Valley* (in Hb. Pb).

Minnesota. — Snelling, 17 VII 1891, leg. Amearns (in Hb. U. S.); Wells, Co. Indiana, on high bank on east side of Lake, 26 VI 1904, leg. C. Deam (in Hb. U. S.); Bluff Creek, 21 VII 1897, leg. Harwens, *Douglas Co., Plants* n. 6 (in Hb. U. S.); Winona, 17 VIII 1888, leg. Holziger (in Hb. U. S.); hedge row, Bristol me., 4 VIII 1898, leg. B. Chamberlain (in Hb. U. S.); Ceulin City, VII 1893, leg. Taylor (in Hb. Pb.); Willmar, VII 1872, leg. O. Frost (in Hb. Br.).

Maine. — Spreading slong-bank, roadside, 9 IX 1986, leg. E. Mervill, *Flora of Maine*, n. 664 (in Hb. U. S.); Cape Elizabeth, 7 VII 1875, leg. E. Gaugle, n. 792 (in Hb. U. S.); moist thicket, 3 VII 1902, leg. Chamberlain (in Hb. U. S.); grawelly thicket, Sangerville, 29 VI 1895, leg. Fernald, *Maine Flora*, n. 245 (in Hb. U. S. et in Hb. W. g.).

New Hamsphire. — Vicinity of Hiers, 7 IX 1904, leg. Wright (sub: *Apocynum*? in Hb. U. S.); base of White Mountains, leg.?, ex herb Oakes. (in Hb. U. S.); White Mountains, 29 VII 1891, leg.? (in Hb. Rm).

Massachussets. — Boston, leg. Hooker ex Hb. Fischer in Hb. Pb.; Boston, 1830, leg. Boot (in Hb. Br.); Mt. Halyoxe south Hadley, 1894, leg. Hooxer (in Hb. Gn.).

Vermont. — Arlington, 3 VII 1903, leg. W. Eggleston, *Plants of South. Vermont*, n. 3291 (in Hb. U. S.); roadside, Manchester, 14 VII 1898, leg. M. A. Day, *Plants of South. Vermont*, n. 19 (in Hb. U. S. et Hb. Br.); Vermont, 15 VII 1904, leg. H. Dodge (in Hb. U. S.).

Connecticut. — Southington, 1903, leg. A. Andrews, *Plants of Connecticut* (sub: *A. divergens* Greene [p. p.] Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); East Greenvich, 1861, leg. A. Fitch (in Hb. U. S.).

New Jersey. — Ex Hb. P. D. Knieskern in Hb. Pb.; Stillwater, 22 VIII 1879, leg. L. Ward (in Hb. U. S.); meadow, rather common Sehanon Springs, 5 VIII 1889, leg. K. Arrison (in Hb. U. S.).

Maryland. — Harpes field, 6 VIII 1847, leg. L. Topping (in Hb. U. S).

New York. — Edge of bluff an coast skow of Semea Lake, 9 VIII 1901, leg. E. L. Crudon (in Hb. U. S); Ithaca, 29 VII 1891, leg. W. Rowlee (in Hb. U. S.); Watkius, VII 1887, leg. C. M. Carthy (in Hb. U. S.); New York, 1887, leg. Daolittle (in Hb. U. S.); Bambridge, Susquehanna Riv., 26 VII 1897, leg. L. Topping (in Hb. U. S.); in old pasture, St. Regis Falls, 14 VI 1903, leg. E. Rodston, *Plants of New York*, n. 23 (in Hb. U. S.); New York, near Jonkers, 30 VI 1897, leg. N. Chute a. P. Wilson (in Hb. Pb.); Sates Cont., leg. Wright (in Hb. Bp.); Rochester, a ?, leg. Lindenburg (in Hb. c. ext. Fl.).

Pennsylvania. — West Chestu, 1879, leg. Jefferes (in Hb. U. S.); Egstawba, 6 VI 1880, leg. Brinton (in Hb. W. g.; in Hb. Pb.); Edge of woods, Saure Pa., 26 VI 1903, leg. C. Barbour, *Flora of the upper Susquehanna*, n. 1446 (e in Hb. Br.); Penn Jan, Jates Co., leg. S. H. Wright (in Hb. Pb.).

Virginia. — Near Becklin, Upshur Co., 10 VII 1895, leg. M. Pollock (in Hb. U. S.).

N. Carolina. — Mts of N. Carolina, leg. W. Ashe (in Hb. U. S.); Roandle farm. 13 VII 1895, leg. Wetherby, n. 69 (in Hb. U. S.); Stony Man Mount. in the Blue Ridge near Luray, 3700′, 15 VIII 1901, leg. Steele, *Plants of Stony Man Mount. a. vicinity*, n. 238 (in Hb. U. S.); roadside Jaffreys, 4 VII 1891, leg. Deame (in Hb. U. S.); open woods a. field, Baltimora, 16 VII 1877, *Biltmore Herb.*, n. 80[b] (in Hb. Pt., Hb. Br., Hb. W. g. Hb. Gn. et Hb. Mart.).

Osservazioni. — È la forma più largamente distribuita e quella interpetrata di solito per il tipo, collegandosi con tutti i possibili intermediarî alla var. *incanum* DC.

A sinonimo della forma abbiamo riferito l'*A. silvaticum* Greene, di cui vedemmo l'autotipo sopracitato, che in nulla differisce dalla pianta vivente in stazioni ombrose (donde il nome ad esso imposto), pur non essendo esclusivo di tali stazioni.

δ **incanum** A. DC. in DC. *Prodr. Syst., veg.*, VIII, pag. 439, (1844).

Diagnosis. — *Distinguitur a typo et a var. puberulo foliis subtus plus vel minus incano-pubescentibus, supra sparse pilosis vel glabris; in reliquis planta glaberrima.*

Staz. e loc. — È una forma scarsamente rappresentata, che vegeta qua e là, col tipo e con la var. *puberulum*, e di cui vedemmo sin qui gli esemplari delle seguenti regioni:

Oregon. — Lower Frazer' River 49 N. Lat. a. 1859, leg. Lyall, *Oregon Bound Comm.* (in Hb. Pb.).

Utah. — Saskatchawan, a. 1857-58, leg. Bourgeau in Paliser's *Brit. N. Am. Exped.* (in Hb. Pb.).

Illinois. — Dixon, 12 VI 1892, leg. E. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Minnesota. — Staska Lake, 29 VI 1891, leg. Sandberg (in Hb. U. S.).

Maryland. — Oakland, 12 VII 1899, leg. E. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Michigan. — Open fields, Detroit, IV 1902, leg. O. A. Farwell (sub: *A. Milleri* Britton, in Hb. U. S.); open fields hillsids, Keweenaco Co., IV 1845, leg. O. A. Farwell (in Hb. U. S.).

Connecticut. — Green's Farms, 26 VI 1874, leg. Pollard, *Flora of the vicinity of the Green's Farms*, n. 105 (in Hb. U. S.); New Haven, a. 1859, leg. D. C. Eaton (in Hb. Pb.).

Pennsylvania. — Taunerville, 2-4 VII 1896, leg. A. A. Tyler, *New York bot. Gard.*, n. 158 (in Hb. Pb.).

New York. — Opening in met woods, vicinity of South Bay, Wellesleg-Island, Jefferson Co., 28-30 VI 1902, leg. Robinson et Macoun, *Plants of the Thousand Islands*, n. 37 (in Hb. U. S.).

Vermont. — Peachau, 8 VII 1892, leg. Stevens (in Hb. U. S.); Mount. Mansfield, 25 VI 1900, leg. Howell (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Questa varietà si collega con la precedente con tutti i possibili intermediarî e, quando bene caratterizzata, esprime il massimo della pelosità cui la pagina inferiore può andare soggetta. Si tratta però sempre di una semplice pubescenza, e quindi il nome di *incanum* apparisce improprio. Ciò nonostante, lo manteniamo in omaggio al monografo A. De Candolle che l'ha stabilita, qui avvertendo che, grazie alla cortesia del sig. Buser, potemmo vedere un frammento dell'esemplare della collezione del *Prodromus* conservato nell'erbario di P. A. De Candolle. Esso fa parte di un vecchio esemplare, senza indicazione di provenienza e senza nome del raccoglitore, che porta il polinomio di « Periploca androsaemi majoris folio ». Ad esso trovammo aggiunta, di pugno di A. De Candolle, la seguente osservazione: « Je ne trouve pas de différence entre cet échantillon et ceux de l'*A. androsaemif.* que par les lobes du calice plus courts, les étamines à filets plus pubescents et les dessous des feuilles plus pubescents aussi ».

ε **Andrewsii** [Greene, *Seven New Apocynums*, in « Leaf. of bot. obs. a. crit. », vol. I, (1903-06) pag. 57 (25 ag. 1904)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis ovato-lanceolatis vel elliptico-lanceolatis, supra glabris, subtus sparse pubescentibus (vel omnino glabris), basi attenuatis evidenter petiolatis, petiolo 5 mm. longo, saepissime reflexis vel subreflexis. Flores et inflorescentiae ut in typo, sed saepius terminales, corolla interdum minore.*

Synonyma. — *A. divergens* Greene « in Leaf. of bot. obs. a crit. », vol. I (1905-1906), pag. 56 (25 ag. 1904), et in Herb. (Pl. of Connecticut) p. p. [forma folliculis parum divaricatis].
— *A. ellipticum* Greene in « Leaf. of bot. obs. a. crit », vol. II (1910-12), pag. 179 (13 marzo 1912) [forma foliis omnino glabris].
— *A. leuconeuron* Greene, in loc. cit., pag. 178.
— *A. androsaemifolium* var. *oblongifolium* Nob. in herb. al.

Ic. nostr.: tav. III, fig. 3.

Staz. e loc. — Si riscontra qua e là nell'area del tipo e delle var. *puberulum* ed *incanum* ed più o meno ben caratterizzato. Gli esemplari da noi esaminati provengono dalle seguenti regioni e località:

Canadà. — Ashboridge woods, Toronto, 24 VII 1892, leg. Armstrong (in Hb. U. S.); Ontario, Kingston, 1883, leg. Fowler (in Hb. U. S.).

Montana. — Gallatin Cañon, 3500′, dry mountains slopes, 2 VIII 1905, leg. Blankinship, *Flora of Montana*, n. 346 (in Hb. U. S.).

Idaho. — Clack Forth Valley, near Wechville, 650, 22 III 1895, leg. Leiberg, *Plants of North Idaho*, n. 1565 (sub: *A. cannabinum*, in Hb. U. S.).

California. — Glen Echo, 18 VII 1899, leg. Palmer (sub: *Apocynum* sp., in Hb. U. S.).

Colorado. — Platte River, 28 VI 1901, leg. F. M. Coulter (in Hb. U. S.).

N. Messico. — Hermets Peak, a.?, leg. Snow (in Hb. U. S.); near Las Vegas, VII 1881, leg. R. Vasey (in Hb. U. S.).

Arizona. — St. Francisco Mt., 16 VII 1892, leg. Tourney, *Flora of Arizona*, n. 267 (sub: *A. cannabinam*, in Hb. U. S.).

Dakota. — In grawelley soil, Des Lacs, 22 VII 1908, leg. Lunell (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Nebraska. — Nebraska, 1889, leg. A. Williams (in Hb. U. S.).

Texas. — Guadalupe Mts., 19 VIII 1904, leg. Bailey, *Plants of Texas*, n. 444 (sub: *A. ellipticum*, in Hb. U. S., autotipo!).

Illinois. — Asheville, 14 VI 1902, leg. Schneck (in Hb. U. S.); steep hillside along west Fork, Itenocluine Creek, near Law Ridge, 17 VII 1907, leg. V. Chase, *Flora of Marshall Co.*, n. 1502 (in Hb. U. S.).

Missouri. — Cockrell Mt., 3 VII 1898, leg. Bush, *Plants of Missouri*, n. 11 (in Hb. U. S. sub: *A. leuconeurum* Greene, autotipo!).

Ohio. — Waldwänder und Gebüsche, Cleveland, a.?, leg. Krebs, n. 290 (in Hb. Br.); Hamilton Co., a.?, leg. Gansage!, *North America Plants*, n. 37 (in Hb. Br.); Columbus, a.?, leg. Sullevant (in Hb. Bp.).

Minnesota. — Fort Snelling, 17 VII 1889, leg. A. Mearns, *Flora of North Amer.*, n. 446 (in Hb. U. S.); Medford, 20 VII 1898, leg. Howell (in Hb. U. S.); Minnesota, VII 1892, leg. B. Faylor (in Hb. U. S.).

Virginia. — Farewell 3500′, a.?, leg. Howell, *Plants of Virginia*, n. 427 (sub: *Apocynum* sp. in Hb. U. S.).

N. York. — Border of woods, 8 VII 1884, leg.? (in Hb. U. S.).

Pennsylvania. — Near Philadelphia, leg. Mertens, *Hb. Bor.-Americ.* (in Hb. Pb.).

Connecticut. — Southington, 14 VIII 1903, leg. L. Andrews (sub: *A. Andrewsii* Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo!); id. (sub: *A. divergens* Greene (in Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Massachussets. — Great Barrington, VIII 1893, leg. Pollard (in Hb. U. S.); Boston, a.?, leg. Amolt (in Hb. Br.).

Nell' Erb. dell'Orto bot. imp. di Pietroburgo esistono, sotto il nome di *A. hypericifolium*, esemplari raccolti da H. P. Sartwell a « Penn Yan »: località che non ci riuscì di trovare nei dizionarî ed atlanti.

Osservazioni. — Nell' Erb. nazionale degli Stati Uniti, sotto il nome di *A. Andrevsii*, contraddistinti come « type » dal Greene esistono, della stessa provenienza, due esemplari, uno a foglie strette, cannabinoidi (ricordano *A. album*!), glabre in ambedue le pagine ed a corolla piccola; l'altro a foglie più grandi, androsemoidi, puberule nella pagina inferiore, a corolla più sviluppata. Non escludiamo per il primo

una origine ibrida, ma avvertiamo di avere considerato come var. *Andrewsii* il secondo, distinguendolo dalla var. *puberulum* per le foglie più allungate ed acute, l'infiorescenza più ampia e ramosa, la corolla un po' più piccola. È una forma più o meno ben caratterizzata, che si ricollega con *A. ambigens*. Non la sappiamo distinguere da *A. ellipticum*, che però è una forma a foglie glabre anche nella pagina inferiore, e da *A. divergens*, che è invece puberula e con i follicoli a maturità lunghi 8-9 cm. ed un po' divaricati: carattere che merita di essere ulteriormente studiato in confronto con le varietà precedenti.

♀ **griseum** [Greene, *Access. to Apocynum* in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-1912), pag. 181 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis ovatis vel ovato-ellipticis, 40 × 20 mm. metientibus, in petiolo attenuatis, supra sparse pubescentibus, subtus griseo-tomentosis, caulibus, inflorescentia et calycibus griseo-pubescentibus, sepalis et lobis corollinis elongatis acutisque.*

Ic. nostr.: tav. III, fig. 4.

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo gli autotipi ed esemplari delle seguenti regioni:

Canadà. — Near International Boundary between Kettle a. Columbia rivers, 6 VI 1962, *Ex Hb. Geol. Surv. of Canada*, n. 66,555 (in Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo!).

Stato di Washington. — Wash. a. 1889, leg. Vasey, *Plants of Washington*, n. 429 (sub: *A. andros.*, in Hb. U. S.).

Idaho. — Grawelley hillside, Lake Pend d'Oreille, VII 1889, leg. J. B. L., *Plants of Idaho*, n. 519 (sub: *A. andros.*, in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Di questa interessante forma vedemmo gli autotipi del Greene, su cui fu fondata. Essa esprime il massimo della pubescenza del ciclo, ma si collega, con tutti gli intermediarî, ad *A. pumilum* var. *tomentellum*, come dimostrano gli esemplari delle due essiccate dell'Idaho e dello Stato di Washington, sopra citate. Se ne distingue, però, per le foglie più grandi e più sottili, e, quando ben caratterizzata, per i lobi del calice e della corolla più allungati ed acuti.

Di *A. androsaemifolium* vedemmo esemplari provenienti da colture fatte in numerosi orti botanici e nei giardini d'Europa. Esso è indicato come naturalizzato in alcuni di essi (Montpellier, in un giardino a Konitz, nel parco di Nennhauser a Rathenon), e sarebbe avventizio a Weinberg. Cfr. Thellung, *La flore adventice de Montpellier*, Cherbourg, 1912, pag. 415, ed Höck, *Ankömml. in der Pflanzenwelt Mitteleuropas* etc., in Beih. bot. Centralbl., Bd. XIII (1902), pag. 214.

5. **Apocynum ambigens** Greene, *Plant. Baker.*, vol. III, pag. 17 (18 nov. 1901).

Synonyma. — *A. scopulorum* Greene, in Sched. [forma foliis omnino glabris vel subtus puberulis].

— *A. androsaemifolium* var. *microphyllum* Nob. in Herb. al.

— *A. androsaemifolium* Auct. pl., non L.

Ic. nostr.: tav. III, fig. 5.

Diagnosis. — *Perennis, 25-50 cm. altus, glaber, caule cylindrico, ramis interdum oppositis. Folia petiolata vel subsessilia, parva, subcoriacea, saepissime reflexa, media et superiora elliptica, elliptico-lanceolata vel ovata, inferiora saepe orbiculata, supra viridi-glabra, subtus pallidiora, glauca, sparse pubescentia vel omnino glabra. Flores pedunculati, numerosi. Calyx quinquepartitus, sepalis ovatis lanceolatis, corolla* $^1/_3$ *circa brevioribus. Corolla cylindrico-campanulata, lobis ovatis, recurvis. Folliculi erecti sed saepius incurvati. Reliqua generis.*

Area geografica e variazioni. — Specie ad area limitata lungo una fascia che attraversa la zona centrale degli Stati Uniti, prevalendo nei territorî posti nei distretti occidentali, in stazioni generalmente montuose e nemorali. Si presenta sotto due forme da interpretarsi quali semplici variazioni collegate fra di loro da evidenti intermediarî e sulle quali raccogliemmo i seguenti dati distribuitivi:

α **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis in pagina inferiore sparse pubescentibus.*

Staz. e loc. — Le regioni donde vedemmo esemplari sono le seguenti:

Stato di Washington. — Clark Springs, Spokane a. Stewens County, 7 VII 1902, leg. O. Kreager, *Plants of Northeast. Washington*, n. 89, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S.).

Oregon. — Boandary Commission, 1860, leg. Lyall, sub: *A. androsaemifolium*, var. *incanum* (in Hb. Pb.).

Montana. — Middle park, Hot Springs, 9000′, 29 VII 1874, leg. Barber, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S.); near Red Lodge, on the bluff, east of the tonn, 26 VII 1893, leg. Rose, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Wyoming. — Whalen Canõn, 19 VII 1894, leg. Nelson, *Flora of Wyoming*, n. 535, sub: *A. androsaemifolium* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Utah. — Slope of Acquarius plateau, 8500′, leg. F. Wards, *U. S. geologic. a. geograf. Survey of the Territories*, n. 425, sub. *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Alta Wahsatch, Mt. Saskatchawan, 14 VIII 1879, leg. E. Jones, *Flora of Utah.*, n. 1272, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Pb., Hb. Br., Hb. W. Kc., Hb. Bp.).

California. — Dollar lake canõn, S. Gorgonio Mount., 9000-9500′, 12 VII 1903, leg. Abrams a. Mc. George, *Plants of Southern California*, n. 774, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S.); swamp, S. Bernardino Valley, VI 1881, leg. B et F. Parish, *Plants of Southern California*, n. 724, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Ph.); Bear valley, S. Bernardino Mt., 6300′ VII 1899, leg. Riversid, *Plants of Southern California*, n. 1345, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Arizona. — Oine canõn, roch a. soil andesite, 7200′, 26 VI 1907, leg. Blumer, *Flora of the Chiricahua Mt.*, n. 1543, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. c. ext. Fl.); vicinity of Flagstaff, 7000′, 8 VII 1898, leg. Mac Dougal, *Plants of Arizona*, n. 254, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Colorado. — Pagosa Springs, 17 VII 1899, leg. F. Baker, *Plants of South. Colorado*, n. 527, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S. et Hb. Br.); Rogers, 14 VIII 1901, leg. F. Baker, *Plants of West Centr. Colorado*, n. 799 (autotipo in Hb. Gr. ap. U. S. et Hb. Br.); base of Bill William Mt., 1869, leg. Palmer, sub: *A. androsaemifolium*

(in Hb. U. S.); Durango, 7000′, 25 VII 1896, leg. Tweddy, n. 560, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Bear Creek, 20 VI 1889, leg. E. Greene (autotipo, in Hb. Gr. ap. U. S.); Fin Lake, leg. J. Wolff, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Platte canõn, 8000-1000′, 1894, leg. Mis. a. Miss Henry, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.); Artistis Glen, 2800′, 22 VII 1900, leg. Clements, *Herb. format. Colorad.*, n. 107, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Mt.); Black cañon, VI 1901, leg. Baker (autotipo in Hb. Mart.).

N. Messico. — Lookont Mines, 8000′, 14 VI 1904, leg. Metcalfe, *Plants of N. Messico*, n. 981 (autotipo in Hb. U. S. et Hb. Br.); Winsario Rauch, 8400′, 1 VII 1908, leg. Standley, *Plants of N. Messico*, n. 4102, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S.); James canõn, 26 VII 1899, leg. O. Wooton, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S.); Gilmaris Rauch, 27 VII, leg. E. Wooton, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S.); N. Messico, 1881, leg. G. R. Vasey, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Pt.).

Dakota. — Dear Lake, lower Arron Lake, 12 VI 1890, leg. Macoun, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Steeping water, 1889, leg. Williams, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.).

Ohio. — Rowdense, VII 1845, leg. Shurle, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.); Ohio, 1864, leg. Schrader, n. 73, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Massachussets. — Ambirst, 2 VII 1895, leg. A. Stims (in Hb. U. S.); Boston, leg. Arnolt, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Connecticut. — Conn., leg. Asa Gray, ex herb. Hance, n. 4582, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. c. ext. Fl.).

N. Jersey. — Barnegat Park, 6 VI 1896, leg. Henser, *Flora der Ver. St. v. America*, n. 9, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Pennsylvania. — Bethlehem, VIII 1832, leg. Moser, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.); in pratis, Cove valley, VIII 1824, leg. Pöpzig, sub: *A. pubescens*? (in Hb. Br.).

Virginia. — Upper Columbia, leg. Wilkes, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

N. Carolina. — Open woods a. fields, Biltmore 16 VII 1897, *Biltmore Herb.*, n. 80^{b}, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.). Forma in alcuni esemplari non distinguibile da *A. andr.* var. *incanum* Dc.!

β **bicolor** [Mac Gregor, in « Bullet. of the Torrey Botanic. Club », vol. 37, pag. 261. n. 5 (maggio 1910)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis omnino glabris, supra viridibus subtus glaucescentibus et ideo bicoloribus.*

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo esemplari delle seguenti regioni:

Canadà. — Selkirk Mt. at Glacier, 18 VIII 1897, leg. Camby, n. 197, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Virginia. — Woodlow near the Nausine, 1885, leg. Stimler, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Stato di Washington. — Foothille of Blue Mt., 29 V 1897, leg. Horner, *Plants South. Washington*, n. 334, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Washington, 1897, leg. Sheldon, *Plants of Washington*, n. 8208, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Wenatchee, 6 VIII 1896, leg. Whited, n. 142, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Nevada. — Mount west of Carson, 5000′, 13 VII 1909, leg. Heller, *Plants of Nevada*, n. 9815, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

California. — Glen Alpine, 6800′, 19 VIII 1909, leg. Mc. Gregor, *Plants of Tahoe Region*, n. 32 (autotipo in Hb. U. S.).

Montana. — Nez perces creek, 29 VI 1899, leg. Nelson, *Plants of Yellowstone Nat. Park*, n. 6206, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Mammoth. Hot spring, 29 VII 1902, leg. Mearns, *Plants of Yellowstone Nat. Park*, n. 202, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Golden Gate, 29 VII 1902, leg. Means, *Plants of Yellowstone N. Park*, n. 2396, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S.); Yellowstone Park, 18 VII 1901, leg. Scheuber, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S.); near red Lodge, 24 VII 1893, leg. Rose, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Spanish basin, Gallatin Co., 6500′, 23 VI 1897, leg. Rydberg, n. 4701, sub: *A. androsaemifolium* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S. et Hb. Br.).

Wyoming. — Bear Creek about 2 miles from Egle Peak, 11 VIII 1899, leg. Schuchat, sub: *A. cannabinum glaberrimum* (in Hb. U. S.); open woods, Lighs Lake, 24 VII 1901, leg. Elmer a. Ailcax, *Plants of Wyoming*, n. 1084, sub: *A. scopulorum* (in Hb. U. S.); Hartwille, 16 VII 1894, leg. Nelson, *Flora of Wyoming*, n. 500, sub: *A. androsaemifolium* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Utah. — Mts. Nebo, 15 VII 1905, leg. Rydberg, *Flora of Utah*, n. 7761, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S.); Parley's Park, 6500′, leg. Watson, *U. S. Geolog. Expl. of the 40 paral.*, n. 957, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Idaho. — Valley of Big Pottalch Riv., 9 VI 1892, leg. Sandberg, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Shores of Lake Corn d'Alume, 15 VIII 1895, leg. Leiberg, *Plants of North. Idaho*, n. 1546, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Mam's Creek, leg. Jones, *Flora of Idaho*, n. 6447, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Colorado. — Black Cañon, 2000′, 20 VI 1901, *Plants of West Central Colorado*, n. 202, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. W. g.); shady hillsides, Steamboat spring, leg. Goodding, *Plants of Colorado*, n. 1622, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Steamboat Springs, 6000′, 25 VII 1891, leg. Trandall, *Flora of Colorado*, n. 325, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Dome rocke, Platte Canõn, 8 VIII 1878, *Flora of Colorado*, n. 572, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Bp.).

N. Messico. — Wring fired rauch, Sacramento Mt., 6400′, 8 VII 1895, leg. E. Wooton, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); loc.? 1847, leg. Fendler, *Plantae Novo Messico*, n. 690, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Dakota. — Piedmont a. little Elk Creek, 4000′, 28 VI 1892, leg. Rydberg, *Flora of the Black hills*, n. 871, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S. et Hb. Br.).

Nebraska. — Open woods, 29 VII 1889, leg. Webber, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Questa specie, come egregiamente esprime il nome, si interpone fra l'*A. androsaemifolium* e l'*A. pumilum*, sia per le foglie, come per i fiori e l'abito in genere, tanto che a prima giunta si è imbarazzati se ascriverla all'uno od all'altro gruppo, cui si collega con tutti gli intermediarî possibili. Il tipo corrisponde ad *A. ambigens*, quale fu distribuito dal Greene, che pure lo ritenne intermediario fra *A. androsaemifolium* e *A. pumilum*, ed è la pianta con foglie minutamente pelose nella pagina inferiore. Riconducemmo a titolo di varietà l'*A. bicolor*, descritto dal Mac Gregor, di cui vedemmo la diagnosi e l'autotipo raccolto in California in una prateria presso il lago Tahoe all'altezza di 2600 m. e da esso ritenuto come intermediario tra l'*A. cannabinum* e l'*A. androsaemifolium*: comprende le forme glabre e colle foglie verdi nella pagina superiore, glaucescenti e di un verde pallido nell'inferiore, donde il nome di *bicolor*. L'*A. scopulorum*, quale vedemmo così denominato dal Greene, in parecchie essiccate, non differisce in nulla dal suo *A. ambigens* e comprende a volte la forma pelosa nella pagina infer., a volte quella del tutto glabra.

6. **Apocynum pumilum** Greene, *Manual of the Bay Region. Botany*, pag. 240 (1894).

Synonyma. — *A. androsaemifolium* var. *pumilum* Asa Gray, *Synoptical Flora of North America*, vol. II, p. I, pag. 82.

Diagnosis. — *Perennis, 0,15-0,45 cm. altus, glaber vel plus minus tomentellus, caule eximie ramoso usque ad basim. Folia petiolata, inferiora rotundato-ovata vel subreniformia, media et superiora cordato-ovata vel elliptica, apice breviter mucronulato, basi rotundata vel cordiformia, supra viridia, subtus pallidiora vel glaucescentia, subcoriacea, glabra vel tomentella. Cymae pedunculatae terminales et laterales. Flores pedunculati, numerosi, pedunculi erecti. Calyx quinquepartitus, sepalis triangulari-lanceolatis, basi plus minus latis, corolla* $^1/_3$ *circa brevioribus. Corolla cylindroidea, tubo elongato, lobis ovatis erectis vel minime recurvis. Folliculi falcati et incurvati, sed saepius erecti. Reliqua generis.*

Area geografica e variazioni. — Specie limitata a soli pochi Stati della zona occidentale della Confederazione, vegetante in stazioni montuose scoperte e nei boschi di conifere. Si presenta sotto forme da interpretarsi quali varietà o semplici variazioni d'origine, ora biologica, ora stazionale, collegate fra loro da evidenti intermediarî. Allo stato attuale delle nostre conoscenze sono le seguenti:

α **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur planta omnibus partibus glabra: caeterum quoad magnitudine et forma foliorum satis variabilis; sepalis late vel anguste lanceolatis; corolla majora vel minora, tamen semper cylindroidea, lobis erectis.*

Synonyma. — *A. cardiophyllum* Greene in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-1906), pag. 79 (25 agosto 1904) [*forma foliis cordatis*].
— *A. rotundifolium* Greene in loc. cit., vol. II (1910-12), pag. 186 (13 marzo 1912) [*forma foliis rotundatis*].
— *A. Austinae* Greene in loc. cit., vol. II (1910-12), pag. 188 (13 marzo 1912) [*forma pauciflora et paucifoliata*].
— *A. paniculatum* Greene in Sched., non in Leafl., vol. II, pag. 183.
— *A. hypericifolium* var. *intermedium* Nob. in Hb. al.

Staz. e loc. — Lo riscontrammo nei seguenti Stati della Confederazione:

Stato di Washington. — Washington, 25 VII 1900, leg. Piper, *Flora of Washington*, n. 3508 (in Hb. U. S.); Low Lake, 20 VII 1897, leg. Winston (in Hb. U. S.); gravelly soil, Bumed timber area, Cherlum Lake, 21 VIII 1902, leg. Cotton, *Flora of Jakina Region*, n. 858 (in Hb. U. S.); Wenatchu, 27 VI 1896, leg. Whited, n. 142, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Rashyn, 9 VI 1897, leg. Whited, *Plants of Washington*, n. 468, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Whitman Co., growing in rieh loose soil, 9 VII 1896, leg. Elmer, *Flora of Whitman Co.*, n. 138, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S. et Hb. Br.); Steep mountain, side near Bingen, Klickitat Co, 9 VI 1905, leg. Suksdorf, *Washington Flora*, n. 5133, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S. et Hb. Br.).

Montana. — Spanish Basin, Gallatin Co., 6500′, 23 IV 1897, leg. Rydberg a. Besey, *Explor. of Montana a. Yellowst. Park*, n. 4701, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S et in Hb. Pb.); ex territorio Montana juxta Heron, VIII 1884, leg. Ball sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Utah. — Creek Cañon, 11 IX 1880, leg. Jones, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Wyoming. — River Bottoms, 7200′, 10 VII 1901, leg. Twedy, *Plants of Wyoming*, n. 4640, sub: *A. ambigens* (in Hb. U. S.).

Oregon. — Coniferous woods, Rogue River, 25 VIII 1896, leg. Gosman, *Flora of the Pacific Coast*, n. 525, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Dry Creek, north-west of Wallowa, 4000′, stony soil, 6 VII 1907, leg. Sampson a. Pearson, *Plants of Oregon*, n. 76 (in Hb. U. S.); Klamath River, about then miles below Spencer-Creek, on dry rochs in bed of Cañon, 13 V 1898, leg. Elmer, *Plants of Oregon*, n. 2081 (in H. U. S.); Hendale, 26 VI 1903, leg. Meaum, sub: *Apocynum* (in Hb. U. S.); Crook County, dry ground in edge of pine timbu, vicinity of Luidlaw, 4 VII 1907, leg. Whited, *Plants of Oregon*, n. 3221 (in Hb. U. S); Hillsides of Pine Creek, near Snak Riv. (common), 13 VII 1900, leg. Lusick, *Eastern Oregon Plants*, n. 2438 (in Hb. U. S. et Hb. Br.); near Diamond Lake, along a strom near the Lake, 6 VIII 1897, leg. Coville a. Elmer, *Plants of Oregon*, n. 458 (in Hb. U. S.); Reddles, 22 IX 1899, leg. Ward, n. 71, sub: *Apocynum* (in Hb. U. S.); near Medoc Point, 8 VIII 1902, leg. Coville, *Plants of Oregon*, n. 1274, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Swan Lake Valley, pine woods, 8 VII 1896, leg. Elmer, ex herb. Elmer, n. 447, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Southeastern Oregon, 1886, leg. Austin, sub: *Apocynum* sp. (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Waldo, VI 1884, leg. Th. Howell, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Pb.).

Idaho. — Cañon of Big camac praine, 5200′, 18 VII 1895, leg. Henderson, n. 3189, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Priest Lake, VIII 1901, leg. Piper, n. 3786, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); common on Moseon Hills, VII 1892, leg. ?, sub: *A. androsaemifolium* (in H. U. S.).

Nevada. — Aueline Washoe Co., 6300′, 5 VII 1906, leg. Kennedy, *Flora of Nevada*, n. 1451 (in Hb. U. S.); Kings Cañon, Ormsby Co., 1700-2000, 21 VII 1902, leg. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1220 (in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. Bp.).

California. — Bluffs, Midvale Mount., 14 VII 1903, leg. Umbach, *Mesh of North-Western College*, n. 370, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); near mineral King, Sierra Nevada, 2750′, 3 VIII 1891, leg. Coville a. Fimston, *Death Walley Expedition*, n. 1442, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); near Pit River Ferry, Shasta Co., 7000-9000′, 15 II 1897, leg. E. Brown, *California Plants.*, n. 283, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Big meadows, Plumas Count., VI 1878, leg. Austin, sub: *A. androsaefolium* (in Hb. U. S.); Prattwille, Plumas Count., VII 1902, leg. Coombs (in Hb. U. S.); California, 1888, leg. Palmer, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); Bear River, 6000′, VIII 1896, leg. Hansen, *Flora of the Sequoia Region*, n. 1945 (in Hb. U. S. et Pb.); Pine Grove, 2200′, 20 VI 1895, leg. Hansen, *Flora of the Sequoia gigantea Reg.*, n. 938 (in Hb. U. S., Pt., W. g., Br. et Hb. Gn.); above Donner Lake, taward Donner pass, 29 VII 1903, leg. Heller, *Plants of California*, n. 7050 (in Hb. U. S.); Blue Cañon, 21 VII 1895, leg. E. Greene, sub: *A. paniculatum* Green. (in Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); near Greenville, Plumas Count., 8 VII, 1907, leg. Heller a. Kennedy, *Plants of California*, n. 8766, sub: *A. cardiophyllum* Green. (autotipo in Hb. U. S., Hb. Br. et Hb. W. g.); Hombrook, Siskigou Co., at lower limit of yellow pines, 7 VII 1903, leg. Copeland, *Plants of the Pacific Coast*, n. 3544 (in Hb. U. S. et Hb. Bp.); Sierra Nevada, IX 1892, leg. Charpenter, sub: *A. rotundifolium* Green. (Hb. Gr., in Hb. U. S.: autotipo); Plumas Count., VII 1882, leg. Austin, sub: *A. Austinae* Green. (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo); Lassen Creek, VIII 1894, leg. Austin (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo); Pini Ridge, Fresno Count., 5300′, 25 VI 1900, leg. Hall a. Chandler, *Plants of Sierra Nevada Mounts*, n. 146 (in Hb. U. S. et Hb. Br.); Hacketts meadows, 18 VII 1904, leg. Culberston, *Plants of the Pacific Coast*, n. 4472, sub: *A. cardiophyllum* (Hb. Br. et Hb. Bp.); Mt. Shasta, VIII 1905, leg. Krautler (in Hb. Gn. et Hb. Mart.); Mariposa, 1863, leg. Hillebrandt, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Osservazioni. — Il primo a richiamare l'attenzione su questa entità fu Asa Gray: ma nulla egli dice sulla glabrizia o pubescenza. Il Greene, che la innalzò al rango di specie, intese riferirsi alla forma pubescente: ma sta il fatto che in seguito designò questa con *A. tomentellum* ed altri nomi. In considerazione della sua più larga dispersione, noi teniamo pel tipo la pianta glabra che, appunto sotto il nome di *A. pumilum*, fu distribuita in un grande numero di essiccate. Essa è l'esatta parallela agli *A. androsaemifolium* e *cannabinum* α. Abbastanza variabile, furono su di essa create alcune specie che, studiate su ricco materiale, ci si rivelarono quale variazioni fluttuanti, dal punto di vista sistematico, affatto trascurabili.

β **cercidium** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. » vol. II (1910-1912), pag. 188 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis latioribus, orbiculatis, cercidiformibus, floribus maioribus, dense paniculatis.*

Ic. nostr.: tav. III, fig. 6.

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo sin qui esemplari delle seguenti regioni:

Idaho. — Lake Waha, 3500'-4000', 29 VI 1896, A. a. E. Heller, *Idaho Plants*, n. 3338, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Oregon. — Bare Island, Klamath Lake, 30 VIII 1902, leg. Coville, *Plants of Oregon*, n. 1346, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.).

California. — Mt. Shasta, 16 IX 1862, leg. Brewer, *Geolog Survey of Calif.*, n. 1407, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); California, 1860-67, leg. Battaw, *Geolog. Survey of Calif.*, n. 243, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Lovy valley, 7 VI 1869, leg. Kellog a. Hasford, n. 842, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.); in the spen timber and cañon, on edge of thickets in meadows, near streams, 14 VI 1903, leg. Manning, *Plants of California*, n. 200 (autotipo, in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Di questa forma notevole vedemmo l'autotipo del Greene, su cui fu fondata. È una forma latifoliare, che ricorda le foglie del nostro *Cercis Siliquastrum*: donde il nome.

γ **calophyllum** [Greene, *Seven New Apocynums*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-06), pag. 57 (25 agosto 1904)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis cordatis, supra viridi- et albo-venatis, subtus viridi-glaucescentibus.*

Synonyma. — *A. paniculatum* Greene, in loc. cit, vol. II (1910-12), pag. 183 (13 III 1912).

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 1.

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo i seguenti pochi esemplari:

Nevada. — Little Valley, Washoe Co., sandy slopes, 14 VIII 1902, leg. F. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1461 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S. et Hb. Br.: autotipo).

California. — Wasmer Creek, 4 VIII 1882, leg. Austin, sub: *A. paniculatum* (autotipo, in Hb. U. S.); Plumas Co., 1882, leg. Austin, sub: *A. paniculatum* (autotipo in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Di questa forma, riccamente fiorifera, a foglie sulla pagina superiore d'un verde intenso e con venature bianche, vedemmo l'autotipo del Greene su cui fu fondata, e riconducemmo a suo sinonimo l'*A. paniculatum*, anche esso da noi studiato e che in nulla ne differisce.

δ **ovalifolium** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 182 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a prioribus foliis ovatis non cordatis et floribus minoribus, nec non cymis pauperioribus.*

Staz. e loc. — Oregon. - Along Rouge River, Jackson Co., 21 VIII 1897, leg. A. M. Austin, n. 1683 (autotipo, in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Di questa forma, che dalle precedenti si distingue per i fiori più piccoli, per le infiorescenze meno dense, le foglie più rade e di forma ovale, vedemmo l'autotipo sopra citato del Greene su cui fu fondata.

ε **rubicundum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 182 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 2.

Diagnosis. — *Planta utrinque glabra, foliis majoribus coriaceis evidenter petiolatis, 75 × 35 mm. metientibus. Inflorescentia terminalis, laxa; corolla minore, urceolata, sepalis ovato-lanceolatis, c.* $^1/_5$ *corollae brevioribus.*

Staz. e loc. — Stato di Washington. - At Stines, Chelan Co., 11 VIII 1901, leg. K. Whited, *Plants of Washington*, n. 1423 (autotipo in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Di questa forma singolare, che si distacca principalmente dal tipo per il maggior sviluppo della pianta e per la più ampia superficie delle foglie che sono spesse, è una delle meglio caratterizzate e ne vedemmo l'autotipo sopra citato del Greene su cui fu fondata.

ϑ **xylostaceum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 185 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo planta omnibus partibus minore, 15 cm. alta, microphylla, foliis ovatis 15 × 10 mm., subtus glaucescentibus, inflorescentia depauperata, corolla cylindroidea, lobis parum incisis, erectis, sepalis lanceolato-acutis.*

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 3.

Staz. e loc. — Oregon. - Klamath Valley in Southern Oregon, 4200′, leg. H. Cronkhite, *Ex Hb. Geolog. Survey of California*, n. 76 (autotipo in Hb. U. S.).

Osservazioni. — È una forma microfilla, caratterizzata dal minore sviluppo, in genere, di tutte le sue parti, come lo stesso Greene ebbe ad osservare, alla quale però non si può attribuire il grado di specie, essendo collegata da numerosi intermediarî, e ne vedemmo l'autotipo del Greene sopracitato su cui essa fu fondata.

η **plumbeum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 185 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a priore foliis parum majoribus, plumbeis, inferioribus orbiculatis et sepalis late lanceolatis.*

Staz. e loc. — Nevada. - Western Nevada, near West Branch of Walker River, 15 VII 1863, leg. Brewer, *Ex Hb. Geolog. Survey of California*, n. 1875 (autotipo in Hb. U. S.).

Osservazioni. — È pure una forma microfilla, ma in grado minore della precedente, a foglie inferiori orbiculate e tutte di color plumbeo, donde il nome datole dal Greene, di cui ne vedemmo l'autotipo sopra citato, su cui fu fondata. Anche

essa non può essere mantenuta come specie, per i numerosi ed evidenti caratteri intermediarî, che la ricollegano al tipo.

θ **stenolobum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12) pag. 183 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo sepalis angustioribus, lineari-acutis; caeterum ut in typo.*

Staz. e loc. — California. - Davis Creek, Modoc Co., 1895, leg. Austin, in Hb. Gr., n. 7052 (Hb. U. S.: autotipo).

ι **Milleri** [Britt., *Man. Fl. of North. Un. St. a. Can.*, pag. 839 (1901)] Bég. et Bel.

Synonyma. — *A. medium* Miller, non Greene.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis subtus sparse pubescentibus.*

Staz. e loc. — Michigan. - Sandy ground near Palmer Park, 9 VII 1904, leg. A. Farvell (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — È una forma parallela alla var. *puberulum* dell'*A. androsaemifolium*, ma, allo stato attuale delle nostre conoscenze, assai rara, tuttavia ben caratterizzata, e la manteniamo come forma intermediaria fra il tipo e le altre varietà pubescenti del ciclo.

Di essa vedemmo la diagnosi, cortesemente inviataci dal Merril, ma non l'autotipo indicato dal Britton « dry soil, N. Y. to Md. ».

× **intermedium** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis subtus minute pubescentibus, supra glabris vel sparse pilosis, caule etiam minutis pilis induto vel glabrescente.*

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo esemplari delle seguenti regioni:

Wyoming. — Chug Creek, Albany Co., Rocky slopes among the hills, 29 VII 1900, leg. Nelson, *Plants of Wyoming*, n. 7329, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S. et Hb. Br.).

Stato di Washington. — Peshahin, 19 VII 1893, leg. Sandberg a. Leiberg, *Plants of the State of Washington*, n. 475, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Oregon. — Dry Creek, 3600′, 6 VII 1907, leg. Jardine, *Plants of Oregon*, n. 62, sub: *A. Suksdorfii* (in Hb. U. S.).

Idaho. — Pocatello, 22 VII 1893, leg. Palmer, *Plants of the Snake Plains of Idaho*, n. 393, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. U. S.).

Nevada. — Clear Creek Cañon, Orsmby Co., 2000-2615′, 3 VII 1902, leg. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1352, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — È una forma di collegamento fra la v. *Milleri* e la v. *tomentellum*, di scarso valore sistematico, rivelandosi la sua pubescenza un carattere molto fluttuante.

λ **tomentellum** [Greene, *Seven New Apocynums*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-06), pag. 58 (25 agosto 1904)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta omnibus partibus pilis densis induta et ideo tomen-*

tusula. Folia supra et subtus dense pubescentia et interdum angustiora. Inflorescentia quoque et calyces pubescentes.

Synonyma. — *A. androsaemifolium detonsum* Piper, *Flor. of the State of Washington*, in « Contribut. from the Un. St. Nat. Herb. », vol. XI, pag. 453 (1906).
— *A. molle* Greene, in « Sched. U. S. Hb. ».
— *A. eximium* Greene, in « *Leafl.* ecc. », vol. II (1910-12), pag. 184 (13 marzo 1912).
— *A. polycardium* Greene, in loc. cit., pag. 186.
— *A. arcuatum* Greene, in loc. cit,, pag. 187.
— *A. diversifolium* Greene, in loc. cit., pag. 189.
— *A. ericifolium* Greene, in « Sched. U. S. Hb. ».

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 4.

Staz. e loc. — Forma ad area piuttosto ampia e nota a noi, dietro la revisione del materiale d'erbario, delle seguenti regioni:

Stato di Washington. — In open woods, Falcon Valley, 19 VII 1886, leg. Suksdorf, *Flora of Washington*, n. 881, sub: *A. andros.* v. *pumilum* Gray, et *A. eximium* Greene [l'esemplare a sinistra è la v. *tomentellum*, quello a destra è l'*A. pumilum* α] (Hb. Gr. ap. Hb. U. S. et Hb. Br.); Mountain side near Bingen, Klickitat Co., 9 VI 1905, leg. Suksdorf, *Flora of Washington*, n. 5134, sub: *A. andros. detonsum* Piper (in Hb. U. S., autotipo).

Idaho. — About Lake Waha, Nez Perces Co., 2000-3500′, 29 VI 1896, leg. A. a. G. Heller, *Idaho Plants*, n. 3338, sub: *A. androsaemifolium* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S. et Hb. Pb.).

Oregon. — Jackson Co., 14 VII 1892, leg. Hammond, *South. Oregon Flora*, n. 274, sub: *A. polycardium* (autotipo, in Hb. U. S. et Hb. Pb.).

Nevada. — Kings Cañon near Carson, 1 VII 1902, leg. Baker, n. 1209 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo del Greene!); Kings Cañon, Ormsby Co., 1900-2000′, leg. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1209, sub: *A. molle* (in Hb. U. S., Br. et Hb. Bp., autotipo!); Clear Creek Cañon, Ormsby Co., 3 VI 1902, leg. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1252, sub: *A. pumilum* (in Hb. Br.).

California. — Isenity Co., VIII, 1911, leg. Jotter, sub: *A. ericifolium* Greene (autotipo, in Hb. U. S.); Fredalba, S. Bernardino Mts., 22 VII 1902, *Expl. of South. California*, n. 2775, sub: *A. diversifolium* (in Hb. U. S., autotipo); Big Horse Mt., VII-VIII 1892, leg. Jepson, sub: *A. arcuatum* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo); near the summit of Mt. Santedin, 20 VII 1902, leg. Heller, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S.); Mt. Amilton, VII 1891, leg. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo); Calby, Butte Co., VII 1896, leg. Austin, *Flora of California*, n. 608, sub: *Asclepias* sp. (in Hb. U. S.); Diamond Mts., Susanville, Perkins Rauch, 6000-7000′, 28 VI 1897, leg. Jones, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); Thistle Glade, west. side of Snow Mt., 6 VIII 1902, leg. Heller, *Plants of California*, n. 6036, sub: *A. pumilum* (in Hb. U. S., Br. et Pb.); Yosemite Valley, VII 1886, leg. Bolander, *Geolog. Survey of California*, n. 6379, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); S. Bernardino Mount., 4000-5000′, VI 1899, leg. Reverside, *Plants of South. Calif.*, n. 1290, sub: *A. pumilum* (in Hb. Br.); above Domer Lake, toward Domer Pass, 29 VII 1903, leg. Heller, *Plants of California*, n. 7050, sub: *A. pumilum* (in

Hb. Br. et Pb.); Mt. Shasta and vicinity, Siskgon Co., 13 VII 1892, leg. Palmer, *Plants of California*, n. 2522, sub: *A. pumilum* (in Hb. Br.); Oatland Hills, 1863, leg. Hillebrand, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Osservazioni. — Questa varietà si ricollega al tipo, con tutti i possibili intermediarî (segnati dalla nostra var. *intermedium*), e, quando bene caratterizzata, esprime il massimo della tomentosità cui può andare incontro la specie; essa è la forma parallela alla var. *griseum* di *A. androsaemifolium*, da cui si distingue per le foglie più piccole, più spesse, reflesse, e, in genere, per tutto l'abito. Di essa vedemmo l'autotipo del Greene su cui fu fondata, e riconducemmo a sinonimi l'*A. polycardium* Greene (così denominato per le foglie cordate carattere che, del resto, si riscontra di frequente nel tipo); l'*A. arcuatum* Greene, che pure non differisce in nulla dal tipo; l'*A. diversifolium* Greene, di cui l'esemplare a sinistra è tomentoso, quello invece a destra è glabro e va, quindi, riferito al tipo, ed infine l'*A. ericifolium*, che non presenta caratteri differenti dalle altre forme.

μ **rhomboideum** [Greene, *New Species of Apocynum*, in « Pittonia », vol. V, part 26, pag. 66 (Sept.-Nov. 1902)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis majoribus rhomboideis. Planta omnibus partibus major.*

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 5.

Staz. e loc. — California. - Napa Valley, River Basin, east of the St. Helena, 26 VI 1893, leg. Jepson (Hb. Gr. n. 6974 ap. Hb. U. S., autotipo).

Osservazioni. — Forma, per lo sviluppo della pianta, la lunghezza e lo spessore delle foglie, parallela alla var. *rubicundum*, erroneamente riferita dal Greene dapprima a varietà di *A. vestitum*, quindi elevata a specie, e che noi riconduciamo nel ciclo di *A. pumilum*.

ν **pulchellum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 186 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a duobus praecedentibus foliis minoribus et ideo planta microphylla.*

Staz. e loc. — California. - Mountain meadows of Lassen Co., 30 VII, leg. M. Austin, *Plants of California*, n. 1458 (in Hb. U. S., autotipo).

Osservazioni. — Varietà microfilla che, per lo sviluppo e grandezza delle foglie, riesce parallela alla var. *xylostaceum*.

IV.

Stirps A. CANNABINI.

È caratterizzata dal fusto, di solito robusto, non o poco glauco; dai rami eretti, ascendenti, opposti o più raramente alterni; dall'asse principale del fusto, dopo la fioritura, sorpassato dai rami laterali; dalle foglie ovali, lanceolate-oblunghe o ovato-oblunghe o lanceolate e, ad eccezione qualche volta di quelle della parte inferiore del fusto, evidentemente picciolate, di un verde intenso specialmente nella pagina superiore, che è qualche volta pelosa, glabre o pubescenti e pallide in quella inferiore; dalla corolla piccola o mediocre, cilindroidea od urceolata, verdastra o biancastra, più raramente roseo-carnicina; dai lobi del calice generalmente stretti ed allungati, che superano la metà del tubo della corolla o che la eguagliano od anche la sorpassano.

Questa stirpe comprende una specie grandemente polimorfa, l'*A. cannabinum*, a spese della quale furono descritte numerose entità che noi riconduciamo a titolo di varietà e specie più o meno ben costituite, note solo di una o poche località.

Allo stato attuale delle nostre conoscenze sono le seguenti:

7. Apocynum cannabinum L. *Sp. pl.*, ed. I, pag. 213 (1753).

Synonyma. — *A. virginianum, fl. herbaceo, siliqua longissima et tenuissima*: Moris. *Prael. bot.*, pag. 232 (1669).

— *A. canadense ramosum, fl. e viridi albicante, siliqua tenuissima*: Moris. *Hist.*, III, sect. 15, pag. 609 (1680).

— *A. canadense maximum fl. minus herbaceo*: Pluk. *Almag.*, pag. 35 (1691).

— *A. erectum virg. ramosum caule subrubente, esulae rarae foliis, siliquis tenuissimis*: Pluk. *Almag.*, pag. 35 (1691).

— *A foliis ovatis acutis subtus tomentosis*: Gron. *Fl. Virg.*, pag. 28 (1739-43).

— *A. piscatorium* Douglas ex A. DC. in DC. *Prodr.*, VIII, pag. 439 (1884).

Icones. — Moris. *Hist.*, tav. 3, fig. 14; Pluk. *Almag.*, tav. 13, fig. 1, et tav. 260, fig. 4; Lebed. *Ic.*, 240; Lamark. *Encyclop.*, tav. 176; Hook. *Fl. Bor. Am.*, tav. 139; Britt. a. Brown, *Ill. Fl. of North. Un. Stat.*, III, fig. 2897.

Diagnosis. — *Perennis, m 1-1,75 altus, glaber vel pubescens, et quandoque glaucus. Caulis cylindricus, foliatus, ramis ascendentibus, approximatis, plerumque oppositis. Folia evidenter petiolata vel interdum inferiora sessilia, oblonga, lanceolato-oblonga vel ovato-oblonga, apice mucronata, basi plus minus attenuata vel cuneata, subcoriacea, supra viridia glabra, subtus pallidiora vel glauca et pilis densiusculis induta, interdum utrinque pilosula. Paniculae pedunculatae terminales. Flores pedunculati approximati, bracteolati, in cymas dispositi, plerumque glabri. Calyx quinquepartitus, sepalis lanceolatis lineari-acutis vel filiformibus, tubum corollae aequantibus vel vix superantibus. Corolla minor vel mediocris, cylindroidea, lobis ovatis erectis. Flores hermaphroditi numquam, ut videtur,*

gymnodioici. Folliculi attenuati, maturitate penduli, usque 150 mm longi. Reliqua generis.

Area geografica e variazioni. — Specie ad area vastissima, occupante stazioni molto disparate, frequente e caratteristica lungo il corso dei fiumi e le rive dei laghi, marcatamente polimorfa presentandosi sotto forme da interpretarsi quali varietà o variazioni, d'origine per lo più stazionale, collegate da evidenti intermediarî.

Passiamo ad illustrarlo:

α **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta glabra, foliis ovatis, ellipticis vel ovato-lanceolatis, 40 × 20 mm. usque ad 90 × 35 mm., supra laete viridibus, subtus pallidioribus, superioribus evidenter petiolatis, inferioribus interdum subsessilibus, utrinque glabris. Corolla mediocris, interdum major.*

Synonyma. — *A. pseudolaurinum* var. *latifolium* Nob. in Hb. Br.

Staz. e loc. — È la forma che si riscontra qua e là nel Canadà ed in alcuni degli Stati della Confederazione. Una stazione ha anche nel Messico settentrionale. Le regioni donde fu sin qui segnalata possono così raggrupparsi:

Canadà. — Gravelly beaches Kennabechasis R. Kings leo?, leg. G. F. Mattew (in Hb. Pb.).

Nova Anglia. — Oakes ex Hb. Fischer (in Hb. Pb.).

Oregon. — Near the 49° parallel. of lat., by Lyall, *Oreg. Bound. Comm.* 1858- 1859 (in Hb. Pb.).

Idaho. — Rocky river bank, Clair Forth River, Valley below Parma, 21 VIII 1895 leg. Leiberg, *Plants of North. Idaho*, n. 1557 (in Hb. U. S.).

California. — Hot Springs, S. Diego Co., 1875, leg. Palmer, n. 71 (in Hb. U. S.); id., n. 220 (in Hb. Pb.); S. Diego, California, 24 VII 1883, leg. C. R. Orunth (in Hb. Br.); borders of swamps, S. Bernardino Valley, 1881, leg. Parish, *Plants of Southern California*, n. 836 (in Hb. Pb.).

N. Messico. — White Mt. Lincoln Co., 6300′, 28 VII 1892, leg. E. O. Wooton (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); n. 113. *N. Mexico* (Hb. U. S.).

Tennesee. — Moist place Chester Co., VI 1892, leg. Bain (in Hb. U. S.).

Minnesota. — Forth Snelling, 21 VII 1890, leg. Mearus, *Flora of North America*, n. 467 (Hb. Gr. in Hb. U. S.).

Jowa. — Jowa, 19 VII 1894, leg. Fink, n. 182 (in Hb. U. S.).

Missouri. — Comtney Mt., 5 VII 1900, leg. Bush, *Plants of Missouri*, n. 797 (in Hb. U. S.).

Louisiana. — Borders of fields, near St. Martinsville, 26 VI 1893, leg. Langlois (in Hb. U. S.).

Kansas. — Manhattan, 1883, leg. Bassler (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Illinois. — Odui, 12 VI 1898, leg. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Wuch. Pine, 29 VI 1897, leg. Umbach (in Hb. U. S., es. a sinistra).

Indiana. — Steckland, 19 VI 1889, leg. Evermann (in Hb. U. S.); Rockford, leg. G. D. Swezey, *Flora of Rock River Valley* (in Hb. Pb.).

N. York. — Open dryish border, near a swamps, vicinity of Oneida, 8 VII 1909, leg. Maxon, *Plants of N. York*, n. 4541 (in Hb. U. S.); along Head Valley, VII 1898, leg. Ruth, *Flora of the Southern Appalacchian Region*, n. 467 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Messico. — Mo. Eulalia Plains, Chihuahua, 3 V 1885, leg. E. Wilknisne (in Hb. U. S., n. 145466).

Osservazioni. — Linné nulla dice sulla peluria della pianta; tuttavia, per parallelismo coll'*A. androsaemifolium* e coll'*A. pumilum*, interpretiamo per il tipo la forma glabra, sebbene essa sia meno largamente distribuita. Ad un esame superficiale potrebbe essere confusa con *A. hypericifolium* var. *nevadense*, ma anche sul secco se ne distingue per il manifesto dicroismo delle due pagine delle foglie, essendo quelle superiori d'un verde più intenso che non quelle inferiori. La pianta inoltre, da adulta, non ha traccia di glaucedine.

β **puberulum** Bég. et Bel. et γ **incanum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differunt a typo foliis subtus puberulis vel plus minus dense pubescentibus.*

Synonyma. — *A. platyphyllum* Greene, in « Leafl of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-1912), pag. 166 (13 marzo 1912) [forma latifoliare].

Ic. nostr.: tav. IV, fig. 6 (var. *puberulum*).

Staz. e loc. — Le località donde esaminammo materiale, riferibile a queste due varietà, collegate da tutti i possibili intermediarî, possono così raggrupparsi:

Canadà. — Walkeroille, Ontario, VIII 1892, leg. Johson, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Canadà, 12 VI 1892, leg. Armstrong (in Hb. U. S.); Canadà, ex Hb. Fischer (in Hb. Pb.).

Massachussets. — Chestnut Hill, Easton, 17 VII et 4 IX 1895, leg. Porter (in Hb. U. S.); Plymouth, 1842, leg.?, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.); Plymouth, ex. Herb. Oakes, sub: *A. cannab.* v. *pubescens* (in Hb. U. S.). Questi ultimi esemplari fanno passaggio ad *A. nemorale*.

Connecticut. — Bridgeport, moist roadside, 8 VII 1895, leg. Eames (in Hb. U. S.); Drycapsa, Bridgeport, 26 IX 1895, leg. Eames (in Hb. U. S.); New Haven, 1859, leg. D. C. Eaton (in Hb. Pb.).

N. York. — Near Syracuse, 1891, leg. Straub (in Hb. U. S.); Valley Head, 18 VII 1898, leg. Ruth, *Flora of South. Appalachian Reg.*, n. 501, sub: *Apocynum* (in Hb. U. S.); Northbeach, 3 VII et 4 IX 1900, leg. Henser (in Hb. Br., esemplare a sinistra); Palisadis, bei Coitersville, VIII 1886, leg. Gabenad, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

N. Jersey. — Granton, 2 VII 1894, leg. Sickle, sub: *A. pubescens* (in Hb. U. S.); circa Railway of N. Jersey, 1865 (in Hb. Pn.); N. Jersey, leg. Geubel (in Hb. Ps.).

Pennsylvania. — Mountains of S. Pennsylvania, in the vicinity of Hyndmann, Bedford Co., 19-23 VIII 1890, leg. J. K. Small (in Hb. Pb.); Pennsylvania, leg. Pöppig (ibid.).

Delaware. — Upland meadows, Ellendale, 23 VII 1878, leg. Wm. M. Canby, *Flora of the Delaware Peninsula* (in Hb. Pb.).

Maryland. — Vicinity of Millersville, Lancaster Co., 10 VII 1890, leg. Small (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Brookland, district of Columbia, 3 VII 1909, leg. Greene [*transit ad* var. *pubescens*] (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Chain Bridge, district of Columbia, 3 VII 1909, leg. Greene, sub: *Apocynum* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); near the Sligo, north of Takoma, 10 VII 1895, leg. Pollara, *Flora of the distr. of Columbia*, n. 481 (in Hb. U. S.); St. Georgis Island, VII 1897, leg. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); vicinity of Georgtown, Lancaster Co., 28 VII 1890, leg. Small (in Hb. U. S.); Upland meadows, Ellendale, Delaware peninsula, 23 VII 1878, leg. Camby (in Hb. Pb.; Hb. W. Kc.).

Virginia. — Reichmond, leg. De Chalmot (in Hb. U. S.); ubi?, 1842, leg. Banque (in Hb. Br.).

N. Carolina. — Moist ground, Baltimora, 12 VII 1897, *Biltmore Herbarium*, n. 79^b (in Hb. Pt. et W. g.).

Michigan. — Edge of swamps grounds on Belle Isle, 16 VII 1892, leg. A. Farwells (in Hb. U. S.); Flint, a.?, leg. Clarke, ex herb. Camby, n. 3422 (in Hb. Bp.).

Ohio. — Pitts field, Lorain Co., a.?, leg. Ricksecker (in Hb. U. S.); Columbus, a.?, leg. Sullevant (in Hb. Bp.).

Kentucky. — Lexington, leg. H. A. Griswold (in Hb. Pb.).

Georgia. — Near Talla Poosa, VII 1900, leg. Way, sub: *A. pubescens* (in Hb. U. S.); Georgia super. in nemoribus montium, a.?, leg. Beyrich, sub: *A. pubescens* (in Hb. Br. e Pb.).

Alabama. — Sands fields, 25 VI 1898, leg. Earle, *Alabama Biolog. Survey*, n. 1644 (in Hb. U. S.).

Illinois. — Carbonate, 1878, leg. French (in Hb. U. S.); dry prairie, Wabask Co., 2 VII 1902, leg. Schneck, (in Hb. U. S. [esemplare a sinistra]).

Minnesota. — Pacific Eisenbahn, 1 VII 1874, leg. Eggert [forma floribunda] (in Hb. Br.).

Jowa. — Jowa, 9 VIII 1872, leg. Arthur (in Hb. Bp.).

Louisiana. — Louisiana, Hohenacker, *Pl. mercat. IV Suppl.* (in Hb. Pb.).

Indiana. — Wells County, in low ground, bordering lakes in Jackson Township, 23 VII 1895, leg. Deam, n. 87, sub: *A. platyphyllum* (Hb. Gr. Hb. U. S., autotipo!); Steckland, 19 VI 1889, leg. B. W. Evermann, *Plants of Indiana* (in Hb. U. S., n. 645757).

Osservazioni. — Sono due forme collegate fra loro da tutti i possibili intermediarî e che riescono parallele alle omonime distinte nell'*A. androsaemifolium*, però avvertendo che il nome della seconda di esse è stato dato per analogia alla varietà stabilita da De Candolle: ma la pianta è lungi dall'esser tale.

Esse sono variabili quanto alla forma e grandezza delle foglie e l'abbondante materiale da noi esaminato ci condusse a sinonimizzare l'*A. platyphyllum* che è null'altro che una forma latifoliare.

δ **palustre** [Greene, *Seven New Apocynums*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-1906), pag. 58 (25 agosto 1904)], Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis late ovatis, majoribus, viridi-glaucescentibus, fere omochromis, supra glabris subtus secus nervos minute piliferis, inflorescentia floribunda, statione* « in the marshes or drier spots » (ex Greene).

Ic. nostr.: tav. V, fig. 1.

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo l'autotipo della seguente località: California. - Salt marsh, Suisun, Solano Co., 6. VI 1903, leg. Baker, *Plants of the Pacif. Coast*, n. 3247 (in Hb. U. S., Gr. et Hb. Bp., autotipo).

Osservazioni. — Forma molto interessante in quanto che evidentemente si collega con l'*A. hypericifolium* var. *nevadense*. Sta il fatto che il Greene ha ritenuto per *A. palustre* esemplari pure di California (Santa Rosa, leg. Heller, *Plants of California*, n. 5732) che molto ad essa rassomigliano; ma, per le foglie totalmente glabre, noi la riferiamo alla var. *nevadense* di cui sarà detto avanti.

ε **pubescens** [Mitchell ex R. Br. *On the Asclepiadaceae*, in « Mem. of the Wern. nat. hist. Soc. », vol. I, pag. 63 (1809); A. DC. *Prod. Syst. Veg.*, VIII, pag. 440 (1844)].

Diagnosis. — *Differt a praecedentibus et sequentibus caule plus minus pubescente, foliis late ovatis, utrinque et praesertim in pagina inferiore pubescentibus. Inflorescentia et calyces pilis induti. Folliculi penduli, usque 180 mm. longi, saepe minute pubescentes.*

Synonyma. — *A. cannabin.* β *foliis subtus pubescentibus* Hook *Fl. bor.-Am.*, II, pag. 51 (1840).
— *A. Farwellii* Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 168 (13 marzo 1912).
— *A. Bebbianum* Greene, in op. cit., pag. 168.
— *A. dictyotum* Greene, in op. cit., pag. 169.

Icones. — Britt. a. Brown *Ill. Fl. of North. Un. Stat.*, III, fig. 2898.

Ic. nostr.: tav. V, fig. 2.

Staz. e loc. — Le stazioni di questa varietà sono situate nella zona centrale ed orientale della Confederazione: vale quanto dire che essa ha un'area prevalentemente atlantica. Gli esemplari che esaminammo sono i seguenti:

Canadà. — Kingston Ontario, 9 VIII 1897, leg. Fowller, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Pennsylvania. — Easton, 31 VII 1896, leg. A. A. Tyler, *New York bot. Garden*, n. 290, sub: *A. cannabinum* [form. *f. pennsilvanicum* Nob.! in Hb. Pb.)].

Connecticut. — Green's Farms, 4 VII 1894, leg. Pollard, *Flora of the vicinity of Green's Farms Co.*, n. 117 (in Hb. U. S.).

Maryland. — Hyaltsville, 1 IX 1904, leg. House, ex herb. House, n. 438 (in Hb. U. S.); Ma grunder, 16 VII 1899, leg. Maxon (in Hb. U. S.); Oakland, 11 VII 1899, leg. E. Greene, sub: *Apocynum* sp. (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Great Halls, near Chear Bridge, Washington, V 1900, leg. Tweedy, *Plants of the district of Columbia*, n. 478 (in U. S.); grawels, Columbia distr., 10 VIII 1897, leg. E. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.)

Virginia. — Near Ocean Wiew, Norfolk Co., 8 VII 1898, leg. Kearny, *Plants of south-eastern Virginia*, n. 1472 (in Hb. U. S.); Suffolk, Nausemond Co., 8-13 IV 1893, leg. Heller, *Plants of south-eastern Virginia*, n. 970, sub: *A. dictyotum* Greene (autotipo, in Hb. U. S.).

Kentucky. — Side of Brook, Lexington, VI 1833, leg. Peter, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Br.); rocky bank of Kentucky River, VII 1833, leg. Hooker?, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Br.).

Michigan. — Near Port Huron, 8 IX 1901, leg. Dodge, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); Detroit Michigan, 7 VII 1893, leg. H. Farwell, sub: *A. Farwellii* Greene (in Hb. U. S., autotipo).

Illinois. — Odui, 12 VI 1898, leg. E. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); ubi? 1878, leg. Eggert (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Winnebago Co., a.?, leg. Bebb, sub: *A. Bebbianum* Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo).

Missouri. — Comtney Mount., common everywhere, 17 VI 1899, leg. Bush, *Plants of Missouri*, n. 314 (in Hb. U. S.); Independence Mo., common in barrens, 6 VII 1900, leg. Bush, *Plants of Missouri*, n. 769 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Kansas. — Open ground, Riley Co., 1895, leg. Norton, *Plants of Kansas*, n. 324 (in Hb. U. S. et Hb. W. g.).

Osservazioni. — Non ci fu possibile vedere la diagnosi nell'opera originale; ma nell'opuscolo del Miller [in « Proceed. of the Biological Society of Washington », vol. XIII, pag. 81, anno 1899] si trova riportata la seguente descrizione: « A. pubescens », *foliis ovato-oblongis, mucronatis, basi obtusis, utrinque cymaque breviore pubescentibus, calyce corollam subaequante*; ove non vi è cenno sulla pubescenza del fusto, ma solo dell'infiorescenza. Il Britton e Brown (*Ill. Fl. of North. Un. St.*, III, pag. 3) la ritengono come pianta totalmente pelosa; come tale essa esprime il massimo della pubescenza, riuscendo una forma parallela alla var. *griseum* dell'*A. androsaemifolium*, alla var. *tomentellum* dell'*A. pumilum* ecc.

Gli *A. dyctiotum* e *Bebbianum* Greene, che noi revocammo in sinonimia, sono due forme pachifille ed a nervature prominenti. L'*A. Farwellii* Greene, è una forma a foglie inferiori ellittiche e sessili, le medie e superiori ovali e brevemente picciuolate, ed è, quindi, pianta eterofilla. Interessante è l'esemplare della Pennsilvania (leg. Tyler, n. 200, in Hb. Pb.), con le foglie inferiori ellittiche e sessili, le medie e sup. ellittico-lanceolate e piuttosto lungamente picciuolate: ne facciamo una forma *pennsilvanicum* meritevole di ulteriore studio.

♃ **oligauthum** [Greene, *Seven New Apocynums*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-1906), pag. 58 (25 aug. 1904)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta glabra, ramis oppositis vel sparsis, foliis oblongo-lanceolatis ellipticis vel ovato-oblongis, basi subrotundatis, glabris, pallidioribus, coriaceis. Flores perfecti pauci, multi abortivi. Calyx sepalis lanceolatis acutis, tertiam partem corollae attingentibus. Corolla mediocris, lobis acutis erectis.*

Staz. e loc. — Forma localizzata e nota a noi sin qui nella seguente regione: Nevada. - Borders of thickets in King's Cañon, Ormsby Co., 20 VIII 1903, leg. F. Baker, *Plants of Nevada*, n. 1508 (in Hb. U. S., Hb. Br. ed Hb. Bp., autotipo!).

Osservazioni. — Confrontata dal raccoglitore con *A. androsaemifolium*, con cui nulla ha da vedere. Ci sembra esagerato il valore di specie attribuito ad esso dal Greene: tuttavia richiamiamo su di essa l'attenzione dei botanici americani, presentando qualche carattere insolito nel ciclo e, cioè, i sepali molto corti, la corolla più grande e cilindroideo-allungata. Caratteri per i quali ricorda le forme glabre della stirpe di *A. medium*.

η **Suksdorfii** [Greene, *New Species Apocynum*, in « Pittonia » vol. V, part 25 (sett.-nov. 1902, pag. 65)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur planta glaberrima foliis infer. late ovatis subsessilibus, super. ovato-lanceolatis longiuscule petiolatis, omnibus debilibus, inflorescentia centralis pauciflora a ramis secundariis sterilibus vel serius florentibus longe superata, corolla minima.*

Staz. e loc. — Stato di Washington. - High, sandy bank of the Columbia River, 22 VII 1893, leg. W. N. Suksdorf, *Flora of Washington, W. Clickicat Co.*, n. 1522 (in Herb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo!).

Osservazioni. — Si ricollega con il tipo di cui è una forma pauciflora, ed allo stato delle conoscenze occupa l'estrema area nord-orientale dove sembra localizzata.

θ **album** [Greene *New or Noteworthy Species*, XIX, in « Pittonia », vol. III, part. 17, pag. 230 (Sept.-Dec., 1897)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt ab omnibus praecedentibus foliis angustioribus elliptico-lanceolatis vel elliptico-oblongis. Planta satis variabilis, tamen semper glabra etiam in foliis, in pagina superiore laete, in inferiore pallide viridibus. Corolla parva vel mediocris, interdum urceolata.*

Synonyma. — *A. cannabinum* var. *glaberrimum* A. DC. in DC. *Prodr. syst. veg.*, part. VIII, pag. 439 (1844) [pr. p.].
— *A. littorale* Greene, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 171 (13 marzo 1912).

Ic. nostr.: tav. V, fig. 3.

Staz. e loc. — La forma in questione ha larga area distributiva, che si estende dalla zona orientale del Canadà (Ontario) e degli Stati Uniti orientali, attraverso quella degli Stati centrali sino a quelli occidentali.

Vedemmo gli esemplari delle seguenti regioni e stazioni:

Canadà. — Point Abino, Welland Co., 23 VIII 1886, leg. Coville, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); shores y Hudson River near Yonkeis Ny, 30 VI 1899, leg. W. N. Clute et P. Wilson (in Hb. Pb., forma un po' aberrante!).

Stato di Washington. — Dove?, 18 VII 1880, leg. Ward, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

California. — Santa Rosa, Sonana Co., 22 VI 1902, leg. Heller, *Plants of California*, n. 5732, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Pb.); Los Angelos City, IX 1902, leg. Braunton, *Plants of Los Angelos Co.*, n. 692, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Utah. — Little Falls, VII et XI 1879, leg. Ward, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Indiana. — On border of swamp, Blackford Co., 25 VI 1905, leg. Chas. C. Deam, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Scotts Bluff, 22 VII 1891, leg. P. A. Rydberg, *Flora of Western Nebraska*, n. 226, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Texas. — Met banks Schuman, 23 VI 1872, leg. E. Hall, *Plantae Texanae*, n. 514, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Kansas. — Manhattan, 1893, leg. Bassler, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); dove?, leg. Stewens, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Idaho. — Salmon River, 31 VIII 1895, leg. L. F. Henderson, *Plants of Idaho*, n. 3815, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Arizona. — Dove?, 1884, leg. Jones, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Minnesota. — Two miles North of Wrightsville, Jork Co., 7 VII 1890, leg. Small, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); gravelly soil, Moscow, 29 VIII 1902, leg. Collins, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Jowa. — Straeford, dry beach, 30 VIII 1895, leg. Eames, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.).

Maine. — Gravelly shore, Van Buren, along the St. John River, 21 VII 1893, leg. Fernald, *Maine Flora*, n. 84 sub: *A. littorale* (in Hb. U. S.: autotipo).

Connecticut. — Pine meadow, in gravelly shores of the Farmington River, 12 VIII 1902, leg. L. Andrews, sub: *A. littorale* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo!); bank of the River, 12 VIII 1902, leg. L. Andrews, sub: *A. littorale* (d. s.).

Vermont. — Near coalen, River beds, VII 1904, leg. Dodge (sub: *A. cannabinum glaberr.* in Hb. W. g.).

New York. — East Greenwich, Long Island, 1867, leg. A. Fitch, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); Chenango Forts, VII 1897, leg. Maxon, sub: *Apocynum* sp. (in Hb. U. S.); shores of Hudson Riv., near Jonkes, 30 VII 1877, leg. Cluste et Wilson, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Pb.); on the gravely shores of rivers, a.?, leg.? sub: *A. hypericifolium* (in Hb. Br.); Pen Jan, Yates Co., a?, leg. Wright, sub: *A. cannabinum glaberrimum* (in Hb. Bp.).

New Jersey. — Railway, 1865, leg. Henser, sub: *A. androsaemifolium* (in Hb. Br.).

Pennsylvania. — Dove?, 6 VII 1893, leg. Heller e. Ger. Halback, *Plants of South. Pennsylvania*, n. 1039, sub: *A. cannabinum* var. *glaberrimum* (in Hb. U. S.); Westmoreland Co., 4 VII 1878, leg. Block, sub: *A. cannabinum* (in Hb. Bp.); prope Reading, a.?, leg.? (sub: *A. pubescens*, in Hb. c. ext. Fl.).

Maryland. — Grawel, Easton Pa., 13 VII et 28 XI 1895, leg. Porter, sub: *A. cannabinum* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Easton Pa., 31 VII 1896, leg. Fyller, *New York bot. Gard.*, n. 290, sub: *A. cannabinum* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Slogds Creek, Kent. Co., 13 VII 1907, leg. Shreve, n. 1705, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); Marshall, 1 VII 1897, leg. E. Greene et Holm, sub: *A. album* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Ardner Chain Bridge, 26 XI 1887, leg. Greene, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); District of Columbia, a.?, leg. Camby, sub: *A. cannabinum* (in

Hb. U. S.); Chain Bridge, Columbia District, 3 VII 1909, leg. E. Greene sub: *A. album* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: forma a rami un po' divaricati e che ricorda la var. *Bolandri*).

Virginia. — Quinnimond, Bolton bank of the N. River, 25 VIII 1899, leg. Pallard et Maxon, n. 35, sub: *A. album* (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — È una forma glabra come il tipo, ma da questa si distingue, come già insistè il Greene, per le foglie « more narrow and elongated than in any form of that » (*A. cannabinum*). È dunque una pianta stenofilla, con stenofillia più o meno accusata e che ricorda da vicino forme stenofille di *A. hypericifolium*: da queste però si distingue per le foglie non omocrome, e cioè di un verde intenso nella pagina superiore, e pallide nella pagina inferiore.

Notiamo che essa è stata distribuita in parecchie essiccate col nome di var. *glaberrimum* DC.: varietà dal De Candolle male definita, e con la quale i botanici americani hanno inteso comprendere, qualche volta le forme stenofille dell'*A. cannabinum* e, qualche altra, quelle dell'*A. hypericifolium*. Ci sembra, quindi, che questo nome, ad evitare ulteriori confusioni, sia da abbandonarsi. Quanto all'*A. littorale* Greene riteniamo non sia altro che un sinonimo della var. *album*, vegetando nelle stesse stazioni in cui quella vive.

ι **estellinum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 165 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta erecta, glabra, glaucescens, foliis minoribus, ellipticolanceolatis 35×10 mm., pagina superiore laete viridibus, subtus viridi-glaucescentibus, inferioribus sessilibus vel subsessilibus. Corolla minor subcylindroidea. Sepala angustiora tubum corollae aequantia.*

Ic. nostr.: tav. V, fig. 4.

Staz. e loc. — È forma rara e ne vedemmo i saggi seguenti:

Texas. — Estelline, North Fork of the Red River, 25 V 1904, leg. J. Reverchon, *Plants of Texas*, n. 4309 (in Hb. U. S.: autotipo!); Canadian, VII 1903, leg. H. Howell, *Plants of Texas*, n. 109 (in Hb. U. S.: autot.); Estelline sands, 9 VII 1913, leg. Reverchon, *Plants of Texas*, n. 3873 (in Hb. U. S.: autot.).

Osservazioni. — Forma a prima giunta ben caratterizzata per la piccolezza delle foglie e per la loro stenofillia, ma si ricollega alla precedente colla quale il Greene stesso l'aveva confrontata.

ϰ **isophyllum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a crit. », vol. II, pag. 166 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur a praecedentibus foliis evidenter isomorphis, ovato-ellipticis vel oblongo-ovatis, 30×15 cm., et a priore sepalis latioribus et brevioribus.*

Ic. nostr.: tav. V, fig. 5.

Staz. e loc. — Anche essa è una forma scarsamente rappresentata e nota a noi sin qui della seguente località:

Indiana. — Notre Dame, in the open prairie, 24 VII 1899, leg. E. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., autotipo).

Osservazioni. — Forma ben caratterizzata nell'autotipo, esprimente il massimo dell'isofillia cui può andare incontro il ciclo: ma tuttavia, in base al numeroso materiale da noi esaminato, ci fu possibile di scorgerne numerosi intermediarî di collegamento con il tipo e le altre forme.

λ **Bolandri** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of bot. obs. a. crit. », vol. II, pag. 175 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta minor 30 cm. alta, ramis oppositis divaricato-adscendentibus, foliis oblongis vel oblongo-lanceolatis acutis, subtus plus vel minus glaucescentibus. Corolla mediocris. Sepala oblongo-lanceolata. 1/2 circa corollam aequatia. Inflorescentia centralis, rami secundarî steriles vel multo serius florentes.*

Ic. nostr.: tav. V, fig. 6.

Staz. e loc. — Di questa forma vedemmo l'autotipo del Greene proveniente dalla:

California. — Among rocks in the Merced River, at Clarks, 4000′, 1860-67, leg. N. Bolander, *Geolog. Survey of California*, n. 5034 (in Hb. U. S., autotipo).

Osservazioni. — È una forma anche essa totalmente glabra, caratterizzata dalle foglie oblungo-lanceolate e dai rami opposti, divaricato-ascendenti. Il Greene la ritiene forma affine all'*A. album* e all'*A. littorale*, e con questi si trova in stazioni igrofile.

μ **floribundum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Folia ut in var. estellino, a quo differt petiolo elongato usque 5 mm. longo. Distinguitur etiam inflorescentia ut plurimum densa et floribunda, corolla minima.*

Staz. e loc. — Nuovo Messico, in the Valley of the Rio Grande, belon Doñana, 12 VII 1852, leg. C. C. Parry, J. M. Bigelow, Mr. Chr. Wright et Mr. A. Schott, *Mexican Boundary Survey*, n. 1052 (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum* p. p. et in Hb. Pb.).

Osservazioni. — Questa forma, bene caratterizzata, ha l'abito di *A. estellinum* e l'infiorescenza di *A. floribundum* Greene, da noi ricondotto nel ciclo di di *A. lividum*, e dal quale si distacca, fra l'altro, per non essere pianta glaucescente e per la corolla più piccola, di tipo cannabinoide.

8. **Apocynum neogeum** Bég. et Bel. n. sp.

Diagnosis. — *Perennis, caule cylindrico, glabro, ramoso, ramis alternis vel oppositis, divaricatis, 0,35 cm. alto. Folia breviter petiolata, elliptica vel elliptico-oblonga, utrinque glabra, subcoriacea, 25-30 × 7-8 mm., petiolo 2 mm. longo. Cymae pauciflorae, sed flores non vidimus. Folliculi subpenduli, 5-7 cm. longi.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 1.

Staz. e loc. — Vedemmo esemplari nell'Erbario del Museo Botanico di Berlino ed in quello degli Stati Uniti d'America, provenienti da una sola località della Pennsilvania: « about the Mouth of the Tucquan, in Eozoic, 20 IX 1901 », dove furono raccolti da A. A. Heller (*Plants of Lancaster County*, Pennsylvania).

Osservazioni. — Si lascia distinguere per il debole sviluppo del fusto, tanto da essere forse la pianta più ridotta della stirpe, per i rami divaricati, le foglie piccole, subcoriacee, glabre, a picciuolo brevissimo, i follicoli corti, ecc. Non ne vedemmo i fiori, ma crediamo non andare errati ritenendola una specie affine alle micro- e steno-fille di *A. cannabinum*, e venne dal Greene ritenuta senz'altro identica ad *A. album*. Richiamiamo, quindi, su di essa, l'attenzione dei botanici americani.

9. **Apocynum arenarium** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 173 (13 marzo 1912).

Diagnosis. — *Perennis, caule debili 50-60 cm. alto, glabro, ramis paucis, flexuosis, ascendentibus. Folia omnia conformia, parva, 5 × 2 cm. met. elliptico-lanceolata, supra laete subtus pallide viridia, distincte petiolata, petiolo 5-6 mm. longo. Cymae glabrae pauciflorae centrales a ramis sterilibus (vel serius florentibus?) longe superatae. Calyx glaber sepalis latiusculis triangulari-lanceolatis, dimidium corollae aequantibus. Corolla mediocris, 4 mm. longa, alba, campanulata, lobis brevibus rotundato-obtusis, erectis.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 2.

Staz. e loc. — South. Maryland, sand bar at Plum Point, on the shore of Chesapeake Bay, 5 VIII 1912, leg. G. H. Shull, *Plants of Maryland, Expl. of the Chesapeake Bay Region*, 1902-03, n. 173 (in Hb. U. S. sub. *A. album* Gr. et *A. arenarium* Gr.: autotipo!).

Osservazioni. — Distribuito sotto il nome di *A. album* e confrontato, ma nettamente distinto da questo, dal Greene, certamente lo ricorda, come pure ricorda il nostro *A. neogeum*, di cui non ci fu possibile vedere i fiori. È una delle specie più piccole e più microfille fra le stirpi americane, presentando innegabili caratteri di convergenza con l'euro-asiatico *A. venetum*. Non spingiamo oltre questo ultimo pericoloso confronto (si tratta di una delle specie ad area più lontana da quella del nostro Apocino), ma soggiungiamo che da *A. album* si distingue per la corolla ampia campanulata, e quindi a fauce molto aperta, mentre i lobi restano eretti. Il suo *habitat* è littoraneo!

10. **Apocynum missouriense** Greene. *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 165 (13 marzo 1912).

Diagnosis. — *Perennis, caule elato, robusto, ramoso, omnino glabro. Folia utrinque glabra, inferiora elliptica brevissime petiolata vel subsessilia basi rotundata et subcordata, 12-4 cm. met., media et superiora angustiora, ovato-lanceolata, distincte petiolata 7 × 3 cm. petiolo usque 5 mm. longo. Cymae densiusculae glabrae, centrales parum a lateralibus superatae et ideo inflorescentia subcorymbosa. Calyx glaber, sepalis lanceolatis, acuminatis, dimidium corollae aequantibus et ultra. Corolla mediocris, cylindroidea, alba vel roseo-carnea, lobis brevibus, erectis vel patentibus.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 3.

Staz. e loc. — Western Missouri, Atherton Mount., 27 VI 1909, leg. B. F. Bush, *Plants of Missouri* (in Hb. U. S., n. 648 *o* 65, sub: *A. album* et *A. missiouriense* Gr.: autotipo!).

Osservazioni. — Distribuito dal Bush sotto il nome di *A. album*, ricorda a noi, come del resto al Greene, più che altro il tipico *A. cannabinum* che, come il presente, è pianta del tutto glabra. Ne differisce per la corolla più grande, generalmente antocianica, e per l'infiorescenza che tende ad assumere la forma di corimbo. È la più occidentale delle specie orientali-atlantiche, e merita di essere ulteriormente confrontata con il tipico *cannabinum*, da cui sembra per certo essere discesa.

11. **Apocynum ithacense** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 170 (13 marzo 1912).

Diagnosis. — *Perennis, caule erecto, stricto, ramoso, ramis ascendentibus, glabro, 50-60 cm. longo. Folia axis primarii latiuscula, oblonga, inferiora sessilia, media et superiora breviter petiolata, $7\,^1/_2 \times 2\,^1/_2$ cm., illa ramorum secund. minora, lanceolata, distincte petiolata, 5×1 cm., et ideo heterophylla, omnia glabra, supra laete viridia, subtus pallidiora. Cymae centrales densiflorae longe a ramis secundariis serius florentibus superatae. Calyx glaber, sepalis anguste lanceolatis, elongatis, acutis. Corolla mediocris, alba (fide* Greene), *tubo brevi, lobis rotundatis, obtusis, brevibus, erectis.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 4.

Staz. e loc. — New York, Ithaca, VI 27 1885, leg. F. V. Coville (in Hb. U. S., n. 225951 sub: *A. cannab.* et *A. ithacense* Gr.: autotipo!).

Osservazioni. — Specie nota di una sola località che, secondo Greene, è precisamente la seguente: « Six Mile Creek, belon Green Tree Falls, not far from Ithaca, New York ». Con dubbio vi riferisce saggi del sud della Pennsilvania « mouth of the Jucquan », leg. a. 1893 Heller, che noi non vedemmo. Comunque, esso è dall'A. ritenuto « allied to *A. procerum* » che difatti lo ricorda, ma ne è distinto per la forma delle foglie e la speciale eterofillia nei diversi rami della pianta. La entità che più lo ricorda è *A. album* Gr. (per noi varietà di *A. cannabinum*), che è bene spesso eterofillo, ma dal quale si distingue per la corolla grandetta, campanulata, non cilindroidea, a fauce ampia ed a lobi arrotondati. L'infiorescenza è tipicamente cannobinoide.

12. **Apocynum nemorale** Mill. *Dogbanes of the District of Columbia*, in « Proceed. Biol. Soc. of Washingt. », XIII, pag. 87 (1899).

Diagnosis. — *Perennis, caule robusto, elato, glabro, ramoso, ramis ascendentibus, 0,50-1 m. alto. Folia elliptico-oblonga, basi attenuata, apice acuta, omnia debilia, longe petiolata, petiolo 8-15 mm. longo, supra glabra et laete viridia, subtus puberula vel utrinque glabra et pallidiora, $5\text{-}12 \times 2\,^1/_2\text{-}3\,^1/_2$ metientia. Cymae terminales, parum densae, bracteolatae, glabrae. Pedunculi 3-5 mm. longi, puberuli vel glabri. Calyx glaber vel puberulus, sepalis anguste lanceolato-linearibus corollae tubum aequantibus. Corolla alba vel inconspicue carnea, 4-5 mm. longa, cylindryca, lobis acutis dimidio corollae subbrevioribus, erectis, numquam recurvis. Folliculi penduli usque 180 mm. longi.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 5.

Staz. e loc. — Vedemmo l'autotipo della specie nell' Erbario Nazionale degli Stati Uniti raccolto nella Virginia « at roadside in woods near end of Chain Bridge, Fairfax County », il 14 luglio da Wm. Palmer. Miller aggiunge che esso è noto di questa località e, sempre nella Virginia, nelle « shore of the Potomac River at Great Falls », essendo probabilmente localizzato nelle zone boscose « to the Upper Austral and Transition zones ». Ma sta il fatto che noi, nello stesso sopra ricordato Erbario, trovammo esemplari di una forma a questa affatto corrispondente, tranne che tutta la pianta, compresa la pagina inferiore della foglia, è completamente glabra. Ne facciamo una var. *glabrum* Bég. et Bel. affatto parallela a forme glabre di altri cicli. Essa fu raccolta a « Breida, New York » il 14 agosto 1901 da S. A. Maxon, è comunicata senza nome.

Osservazioni. — Le affinità di questa specie con *A. cannabinum* sono evidenti ed innegabili, il carattere principale che la distingue riscontrandosi nella cospicua lunghezza del picciuolo, la maggiore da noi constatata nelle specie americane. Miller osserva, inoltre, che *A. cannabinum* può occasionalmente trovarsi a vegetare nei boschi, ma non assume i caratteri proprî alla specie da lui stabilita. Necessitano per altro ulteriori indagini su materiale più abbondante.

13. **Apocynum Greeneanum** Bég. et Bel. n. sp.

Diagnosis. — *Statura et facies ut in A. cannabino. Folia late ovata, acuta, supra glabra, subtus densiuscule puberula, petiolo 5-9 mm. longo, pilosulo, limbo 5-10 × 2-4 mm. metiente. Cymae minute puberulae, vel glabrescentes; bracteolae anguste lineares, persistentes; pedunculi debiles filiformes. Calyx glaberrimus, sepalis anguste linearibus fere filiformibus, corollam aequantibus vel superantibus (in statu juvenili). Corolla brevis et lata, cylindroideo-campanulata, glabra, roseo-carnea, lobis latis ovato-rotundatis erectis vel interdum subreflexis. Fructus non vidimus.*

Ic. nostr.: tav. VI, fig. 6.

Staz. e loc. — Ne vedemmo un solo esemplare nell' Erb. Nazionale degli Stati Uniti, raccolto nella West-Virginia ad Usphur l' 8 luglio 1877 da W. M. Pollock: vi si trovava senza nome.

Osservazioni. — Quanto all'abito vegetativo, non differisce dalla var. *incanum* dell'*A. cannabinum* e, quanto alla cospicua lunghezza del picciuolo fogliare, ricorda l'*A. nemorale*. Ma da ambedue lo distingue la fabbrica del fiore i cui sepali sono stretti ed allungati, quasi filiformi (e tali sono pure le bratteole), mentre la corolla è tozza, a fauce ampia ed a lobi rotondato-ottusi: forma *sui generis*. Questa eccellente specie, che, a nostra conoscenza, tocca il massimo della stenosepalia fra le stirpi americane, dedichiamo con lieto e riconoscente animo al prof. E. L. Greene, il più competente Apocinologo nord-americano e per il cui cortese interessamento potemmo liberamente disporre del ricco Erbario degli Stati Uniti d'America.

14. **Apocynum procerum** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. of. bot. obs. a crit. », vol. II (1910-1912), pag. 169 (13 III 1912).

Diagnosis. — *Perennis, caule procero, purpureo et glauco, supra ramoso, 1-1,50 m. longo. Folia inferiora et media plus minus late vel anguste oblongo-*

elliptica, 10-15 × 3-5 cm., brevissime petiolata vel sessilia et caulem amplexantia, superiora minora, 7-8 × 2 cm., ovato-lanceolata, basi cuneata et in petiolum distincte attenuata, omnia supra glabra et laete viridia, subtus minute puberula et viridi-glauca, subcoriacea. Cymae pauciflorae vel densiusculae, a ramis sterilibus evidenter superatae. Sepala glabra vel pilosula, triangulari-lanceolata, corollae viridi-albae tubum superantia. Fructus non vidimus.

Ic. nostr.: tav. VII, fig. 1.

Staz. e loc. — Ne vedemmo gli autotipi conservati nell'Erb. Greeniano (ap. Hb. U. S.) raccolti il 17, 21 e 23 VII 1903 da L. Andrews a Southington nel Connecticut.

Osservazioni. — È confrontato dal Greene con *A. cannabinum* dal quale sarebbe « perfectly distinct and very notable »; e noi accediamo a questo giudizio in considerazione specialmente della manifesta eterofillia dell'apparato fogliare, affatto insolito in questa stirpe e che ricorda quanto ha luogo nella stirpe seguente, cioè in *A. hypericifolium*. La pianta, secondo l'A. citato, sarebbe localizzata in « open ground, in sandy soil ». Per quanto rappresentato dalla sola metà superiore, incliniamo a riferire alla stessa l'esemplare conservato, sotto il nome di *A. cannabinum*, nell'Erb. del Mus. bot. di Berlino, raccolto nel 1824 in Pennsylvania « in pratis, Cove valley », e quello dell'Hb. centr. di Firenze raccolto dal Sartwell a New-York e determinato *A. cann.* var. *hypericifolium*.

V.

Stirps A. HYPERICIFOLII.

Comprende una sola specie, bene spesso scambiata con entità della precedente, ma da essa si distingue per essere pianta completamente glabra, glauca e di un verde pallido, con apparato fogliare più o meno manifestamente eterofillo e, cioè, con foglie inferiori e medie sessili o quasi, abbraccianti il fusto, di forma largamente ellittica, le superiori più strette, lanceolate-acute e manifestamente picciolate, in ambedue le pagine di un colore verde glauco e, quindi, omocrome. Infiorescenza e fabbrica fiorale di stampo cannabinoide. Corolla di un bianco-verdastro, piccola, cilindroidea e spesso urceolata.

15. **Apocynum hypericifolium** Ait. *Hort. Kew.*, I, pag. 304 (1789).

Synonyma. — *A. sibiricum* Jacq. *Hort. Vind.*, III, pag. 37 (1770): [*nom. anter. sed pr. sp. americana incongruum*!].

— *A. cannabinum* var. *hypericifolium* A. Gray, *Man.*, pag. 365 (1845).

— *A. cannabinum* Auct. al. Fl. Am. bor. non L.

Icones. — Jacq., *op. s. c.*, tab. 66 (α); Hook. *Fl. bor.-am.*, II, tav. CXL (β); Britt. a. Brown, *Fl. North. Un. Stat.*, III, fig. 2897.

Diagnosis. — *Perennis, caule glabro et glauco, cylindrico, plus minus robusto, ramoso, 0,60-1 m. et ultra alto. Folia glabra et glauca, utrinque pallide*

viridia, plerumque subcoriacea, inferiora et media subsessilia et caulem amplexantia, superiora angustiora et longiuscule petiolata, elliptico-oblonga vel elliptico-lanceolata, basi in eodem individuo rotundata et subcordata, in superioribus in petiolo attenuata et acuta. Cymae ut plurimum floribundae, centrales a ramis sterilibus vel serius florentibus saepius longe superatae. Calyx glaber quinquepartitus, sepalis lanceolatis tubum corollae aequantibus. Corolla albo-viridis, parva, cylindroidea vel suburceolata, lobis ovatis vel lanceolatis rectis. Folliculi attenuati, penduli, 80-100 longi.

Area geografica e variazioni. — È assai vasta, comprendendo quasi tutti gli Stati dell'Unione e qua e là si rinviene anche nel Canadà. Le variazioni, abbastanza numerose, sono riducibili alle seguenti:

α **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta plus minus reducta, parum heterophylla, foliis anguste elliptico-ovatis vel elliptico-lanceolatis, basi cordatis vel subrotundatis, superioribus parum alienis.*

Synonyma. — *A. subuligerum* Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 171 (13 III 1912).
— *A. hypericifolium* var. *intermedium* Bég. et Bel. in Hb. al. p. p.

Ic. nostr.: tav. VII, fig. 2 (ex ic. Jacq. *Hort. Vind.*, tab. 66).

Staz. e loc. — Ci è nota delle seguenti regioni:

Canadà. — Home Lake, Van Island, VII 1887, leg. J. Macoun, *Ex Hb. Geol. a. Nat. Hist. Survey of Canad* (in Hb. U. S.); Grande Lake, Kingston, Ont., 17 IX 1879, ex Hb. J. Fowler, *Flora canadensis* (in Hb. U. S. esempl. con sole foglie e che potrebbe essere anche una forma di *A. cannabinum*); Saskatchawan, 1857-1858, leg. E. Bourgeau (in Hb. Br.); South Sakskatchawan, 14 VII 1879, leg. J. Macoun, *Fl. of the Great Plains*, n. 174 (in Hb. Pb.); Milk River, Alta, 19 VII 1895, leg. John Macoun, *Ex Hb. Geol. Surv. Dept. Canada* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Stato di Washington. — Pemtina, leg. Harvard (in Hb. U. S.); banks of River aux bouleaux, very common, 17 VII 1839, leg. Ch. A. Geyer, *Nicollet's North-Western Exp.*, n. 61 (in Hb. U. S.).

Wyoming. — C. J. Rank, 23 VII 1894, leg. A. Nelson, *Fl. of Wyoming*, n. 596 (in Hb. U. S.); Platt River, 11 VII 1894, leg. id. (Hb. Gr. ap. Hb. s. c.).

California. — Sacramento, 1839 leg.?, ex Hb. U. S., *Expl. exped. und. the commond of Capt. Wilkes*, n. 1329 (l'esempl. in frutto, mentre quello [n. 856] in fiore della stessa collezione fu raccolto nel territorio dello Stato di Washington!) (in Hb. U. S.); Placer Con., leg. Ames (in Hb. U. S); St. Louis, Pacific Eisenbahn, 1 VII 1874, leg. H. Eggert, n. 5 (in Hb. Rom. g. e Bp.); Silver Mt. California, a. 1863, leg. Hillebrand (in Hb. Br.); California, leg. Bridges, n. 242 (in Hb. Br. sub: *A. androsaemifolium*); New Jork Falls, 1500′, Amador Con., 20 VI 1893, leg. G. Hansen, *Flora of the Sequoia gigantea Region*, n. 27 (in Hb. U. S., Br., Gn. et Pb., sub: *A. androsaemifolium*); Amador Con., 1891, leg. G. Hansen, *Plants of California* sub: *A. floribundum* Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.).

Colorado. — Mesa near Maniton, 8 VII 1893, leg. H. Ries, sub: *A. cannabinum* (in Hb. U. S.); Montrose, 17 VII 1897, leg. C. L. Shear, *Plants of Colorado*, n. 4808 (in Hb. U. S.).

Utah. — Glenwood, 5200′, 19 VI 1875, leg. L. F. Ward, *U. S. Geol. a. Geogr. Surv. of the Territ. sec. divis.*, n. 254 (in Hb. U. S.).

N. Messico. — Dove? leg. C. Wright, a. 1851-1852, n. 1667 (in Hb. U. S.); Mesilla Valley, Doña Ana Con., 3850′, VII 1906, leg. E. O. Wooton a. P. Standley (in Hb. U. S.).

Minnesota. — Clitherall, VII 1897, leg. Campbell (in Hb. U. S.).

Sud-Dakota. — Elk Cañon, 4000-5000′, 29 VI 1892, leg. P. A. Rydberg, *Fl. of the Black Hills of South Dakota*, n. 873 (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Lincoln, roadside common, VIII 1887, leg. H. J. Webb (in Hb. U. S.); on middle Loup River, near Nattick, Thomas Con., on sandhill, 20 VI 1893, leg. P. A. Rydberg, *Fl. of the Sand Hills of Central Nebraska*, n. 1353 (in Hb. U. S.).

Alabama. — Mobille, Ex Hb. C. Mohr (in Hb. Pb).

Texas. — Dove? 1887, leg. G. C. Nealley (in Hb. U. S.).

Ohio. — Cleveland, Ufer u. feuchten Wiesen, leg. Krebs (in Hb. Br.).

Maine. — Dove? VII 1878, leg. F. L. Schribner, sub: *A. subuligero* Greene! (in Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo).

Missouri. — Coban, VI 1887, ex Hb. R. Bot. Gard. Edinburg (in Hb. c. ext. Fl.); an wielen Stellen above Missouri, leg. Pursh (in Hb. Pb.).

Stato di New York. — Prope Syracuse, VIII, 1882, L. M. Underwood, *Flora Americana* (in Hb. Pb.); Perm Van, Yates County, New Jork, S. H. Wright (in Hb. W. Kc.).

Osservazioni. — Abbiamo assunto come tipo la pianta egregiamente diagnosticata e figurata, sotto il nome di *A. sibiricum*, dallo Jacquin. È forma in generale poco sviluppata, spesso microfilla, con foglie superiori poco diverse per forma e grandezza dalle medie ed inferiori, e quindi ad eterofillia poco manifesta, per grande parte quasi sessili ed abbraccianti. Del resto, essa non è sempre ben distinta dalle varietà seguenti e fa passaggio alla var. *cordigerum*, quando le foglie sono più manifestamente cordate alla base, alla var. *nevadense*, quando la pianta è un po' sviluppata ecc. Essa fu di solito interpretata dai botanici americani come *A. cannabinum*, che ricorda in qualche esemplare meno tipico e sotto questo nome fu in generale distribuito, sia il tipo, come la var. *nevadense* [1]. L'*A. subuligerum* Greene è una forma un po' più sviluppata del solito e floribunda, ma nel resto combina col tipo inteso in senso un po' largo.

β **cordigerum** [Greene, *Access. to Apocynum*, in «Leafl. bot. observ. a. crit.», vol. II (1910-12), pag. 164 (18 nov. 1911)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis late ovatis basi cordatis et caulem amplexantibus, apice rotundatis, omnibus sessilibus, minime heterophyllis.*

Ic. nostr.: tav. VII, fig. 3.

[1] Nei casi dubbî crediamo che solo la coltura dei soggetti potrà decidere, constandoci che forme giovanili di *A. cannabinum* hanno non di rado abito e caratteri di *A. hypericifolium*!

Staz. e loc. — Vedemmo l'autotipo nell'Erb. naz. degli Stati Uniti raccolto nel Sud-Dakota presso Brookings da T. A. Williams. A giudicare da questo esemplare, si direbbe forma molto ben caratterizzata, ma numerosi intermediarî la collegano al tipo ed alla var. *nevadense*. Ci sembrano doversi ad essa riferire gli esemplari, pure conservati in questo Erbario, di Kearney (Nebraska), leg. J. H. Holmes (VIII 1889); ma essi sono già meno tipici di quelli del Sud-Dakota e fanno passaggio alla var. *nevadense*. Tuttavia è forma interessante, in quanto estrinseca, quando bene caratterizzata, un tipo fogliare *sui generis*.

γ **nevadense** [Good. *Southwestern Plants*, in « Bot. Gaz. », vol. XXXVII (1904), I, pag. 57] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur a duobus praeced. plantâ robusta, valde ramosa, foliis infer. et mediis late elliptico-ovatis, basi rotundatis vel cordatis, caulem amplexantibus et subsessilibus, superioribus angustioribus oblongo-lanceolatis basi attenuatis et distincte petiolatis, utrinque pallide viridibus et glaucis.*

Synonyma. — *A. hypericifolium β foliis latioribus*, Hook. *Fl. bor.-amer.*, II (1840), pag. 52.
— ***A. hypericifolium β latifolium*** Nob. in Hb. al.
— *A. cervinum* Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 174 (13 marzo 1912).
— *A. Breweri* Greene, in loc. cit., pag. 176.
— *A. densiflorum* Greene, in loc. cit., pag. 176.
— *A. cuspidatum* Greene, *Ex Herb. C. F. Baker*, n. 80 (in Hb. U. S.).
— *A. Macouni* Greene, *Ex Herb. Geol. Surv. of Canada*, n. 66, 554 (in Hb. U. S.).

Ic. nostr.: tav. VII, fig. 4.

Staz. e loc. — È la varietà più largamente distribuita e più largamente rappresentata negli Erbarii. La vedemmo delle seguenti provenienze:

Canadà. — Fort Mac Murray, Athabasca, 11 VIII 1904, leg. A. E. Preble, *North. Territories, Canada*, n. 373 (in Hb. U. S.): stessa loc. ma leg. Preble et M. Cary, 9 VIII 1903, in *Exsicc. s. c.*, n. 100 (in Hb. U. S.); Chilliwack Valley, 21 VIII 1901, leg J. M. Macoun, *Ex Hb. Geol. Surv. of Canada*, n. 54, 293 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., sub: *A. hypericifolio vero* ex Greene); near internat. Bound. between Kettle a. Columbia rivers, 3 VI 1902, in *Exsicc. s. c.* n. 66, 554 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., sub: *A. Macouni* Greene, autotipo); Saskton, collect. along the line of the Grund Trunk Pacific Railway by John Macoun a W. Herriot, 27 VII 1906, in *Exsicc. s. c.*, n. 78, 489 (in Hb. U. S.).

Stato di Washington. — Open ground, 25 VII 1896, leg. E. S. Sterle (in Hb. W. g.); foot of Priest Rapids, 17 VII 1903, leg. J. S. Cotton, *Flora of the Jakima Reg.*, n. 1399 (in Hb. U. S.); meadows of the Okanogen river, VII 1897, leg. A. D. E. Elmer, *Flora of Okanogan Co.*, n. 507 (in Hb. U. S. et Hb. Br.); Ellensbeng, leg. K. Whited, 13 VI 1897, *Plants of Washington*, n. 482 (in Hb. U. S.); High sandy riversbank, Bingen, W. Klickitat Co., 13 VI 1904, leg. W. N. Suksdorf, *Washington's Flora*, n. 4073 (in Hb. U. S.); sandy deltas, Safety Starbor, 21 VIII 1897, leg. M. W. Gorman, *Flora of Washington Forest Reserve*, n. 645 (in Hb. U. S.), e Washington, 1897, st. raccogl. (in Hb. U. S.).

Oregon. — Near the 49′ paral. of Lat., 1858 59, leg. Dr. Lyall, *Oregon Boundary Comm.* (in Hb. Br.); om rocks in North Fork of Umsqua river, 900-1200′, 17 VII 1898, leg. Elmer, *Plants of Oregon*, n. 2738 (in Hb. U. S.).

Montana. — Madison River, 28 VII 1895, C. L. Shear, *Un. S. Dep. of Agricolt.*, n. 518 (in Hb. U. S.); in a meadow valley of Madison river, n. 518 c. s.; Great Falls, 3 VII e 27 VIII 1896, leg. S. Williams, *Montana-Flora*, n. 373 (in Hb. U. S.); Jackson Co., dry ground, 8 VIII 1873, leg. B. F. Bush (in Hb. Bp.); Gardiner river, on river bank among skrub-like plants, 19 VII 1899, leg. Aven a. E. Nelson, *Plants of Jellowstone National Park, From the Rocky Mountain Herb.*, n. 6923 (in Hb. Br.).

Idaho. — Lake Pend d'Oreille, Kootenay Co., 4 VIII 1892, leg. J. H. Sandberg, *Plants of Northern Idaho*, n. 825 (in Hb. U. S.).

Nevada. — Quinn River Crossing, Northern Nevada, VII 1901, leg. D. Griffiths a. E. L. Morris, n. 160 (in Hb. U. S.); Reno, 4500′, 11 VI 1897, leg. M. E. Jones (in Hb. U. S.); moist sides of cañon, Calientes, Nevada, 29 V 1902, leg. L. W. Gooding, *Pl. of Utah a. Nevada*, n. 986 (in Hb. U. S. sub: *A. nevadense*: autotipo!).

Colorado. — Deer Rim, VI 1901, leg. Baker, *Plants of west central Colorado-Region* etc., n. 80 (in Hb. U. S., sub: *A. cuspidatum* Greene!; et in Hb. Br. et W. g.); Deer Rim, common in moist ground in bottoms, 10 VI 1901, Baker, *Flora of Colorado*, n. 80 (Hh. Gr. ap. Hb. U. S. sub: *A. cervinum* Greene: autotipo); Clear Kreek Cañon, 20 VI 1878, leg. Jones, *Fl. of Colorado*, n. 237 (in Hb. U. S., Br. et Bp.); stessa località, leg. s. c. Crandall, 18 VII 1896, *Plants of Colorado*, n. 1021 (in Hb. U. S. sub: *A. lividum*).

Arizona. — A. 1869, leg. E. Palmer (in Hb. Pb.).

Nuovo Messico. — Mt. Lincoln, 6300′, leg. E. O. Wooton, n. 113*a* (in Hb. U. S., in Hb. U. S. et in Hb. Pb.); Mesilla Valley, Railroad near Mesilla Park, IV 1906, leg. P. C. S. (in Hb. U. S.); Valley of the Rio Grande, below Doñana, leg. C. C. Parry, F. M. Bigelow, Mr. Ch. Wright e Mr. A. Schott, *Mexican Boundary Survey*, n. 1052 (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum* p. p.!).

Minnesota. — Low prairies at Window, 5 VII 1898, leg. E. L. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); prairie Junction, 7 VII 1898, leg. c. s. (in Hb. Gr. ap. Hb. U. S.); Fort Snelling, 30 VI 1891, leg. E. A. Mearus (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Badger Creek, VI 1883, leg. Clements, *Fl. of South. Nebraska*, n. 2571 (in Hb. Pb.: forma aberrante).

Kansas. — Collect. within a radius of five miles of Osborne city, 5 VI 1894, leg. C. L. Shear, *Fl. of Osborne Co., Kansas*, n. 88 (in Hb. U. S. et Hb. Pb.: forma di passaggio alla var. *cordigerum*!); Syracuse, 27 VII 1893, leg. C. H. Thompson, *Plants of Kansas*, n. 146 (in Hb. U. S.); Riley Co., 1896, leg. J. B. Norton, *Plants of Kansas*, n. 324*a* (in Hb. U. S.).

Oklahoma. — Stillwater, 1895, leg. F. A. Waugh., *Pl. Oklahomensis*, n. 3721 (in Hb. U. S.).

Texas. — Limpia Cañon, 26 IV 1902, leg. S. M. Fray et Earle, *Plante of West Texas*, n. 286 (in Hb. U. S.); Tom Greene Co., Knickerbocker Rauche, Dove creek, V 1880, leg. F. Tweedy, *Fl. of Texas*, n. 49 (in Hb. U. S.); dove?, 1847-1848, leg. F. Lindheimer, *Fl. Tex. exsicc.*, n. 659 (in Hb. U. S., Br. et Hb. Ces.).

Michigan. — Flint, leg. D. Clarke (in Hb. W. Kc.); open Fielde in Detroit Michigan, 30 VI 1899, leg. A. A. Farwell (in Hb. U. S.).

Illinois. — 2 VII 1891, leg. H. H. Babcook (in Hb. U. S.); Cook County, leg. Babcook (in Hb. Rom. g. et in Hb. c. ext. Fl.); environs de Cook, leg. Babcook (in Hb. Pn.); moist prairie near Wady Petra, 17 IX 1900, leg. O. H. Chase, *Fl. of Stark Co., Illinois*, n. 799 e stessa loc., 19 VI 1900, n. 631 (in Hb. Br.); prairie du Pont. Illinois, 4 VII 1875, leg. Eggert (in Hb. Pn., Bp. et W. Kc.).

Missouri. — St. Louis, VII 1843, leg. Riehl, n. 423 (in Hb. c. ext. Fl.); Claugsen, det. Martens in Hb. Rom. g.; Comtney Mo., 17 VI 1900, leg. B. F. Bush, *Plants of Missouri*, n. 809 (in Hb. U. S.).

Utah. — Provo-Utah, 4500′, 25 VI 1894, leg. Jones, n. 5490 (in Hb. U. S.); Salte Lake City, 4300′, 16 VII 1880, leg. M. E. Jones, *Flora of Utah*, n. 1863 (in Hb. Pb., Br., Bp. et Pn.; forma vergente ad *A. cannabinum* e da ulteriormente studiare sul vivo!).

California. — Near Grass Valley, Nevada Co., 14 VII 1905, leg. A. A. Heller, *Plants of California*, n. 8109 (in Hb. U. S., sub: *A. oblongum* Greene: forma di passaggio a questa varietà); foot of Priest Rapids, Jakima Co., 17 VII 1903, leg. J. S. Cotton, *Flora of the Jahima Co.*, n. 1399 (in Hb. U. S.); Santa Rosa, 22 VI 1902, leg. A. A. Heller, *Plants of California*, Sonoma Co., n. 5732 (in Hb. Pb. et in Hb. U. S., sub: *A. palustre* Greene!); Monterey Co. VII 1880, leg. Vasey (in Hb. Pb.); Jassagara Hot Springs Tehachapi, VI 1889, leg. Ed. L. Greene (Hb. U. S. sub. *A. densiflorum*, Greene); Monterey Co., VI 1901, leg. A. D. E. Elmer, n. 3180 (in Hb. U. S. et in Hb. Br.); Josemite Valley, 19 VI 1863, leg. W. H. Brever, *Geol. Surv. of California*, n. 1673 (in Hb. U. S. sub: *A. Breweri*); Medoncino Co., 440 m., 20 VII e 3 VIII 1897, leg. V. K. Chesnut, *Plants of California*, n. 572 (in Hb. U. S.); id. 20 V e 20 VI 1898, Exsicc. s. c., n. 210 (in Hb. U. S.); Foothills west of Los Gatos, 16 VI 1904, leg. A. A. Heller, *California Plants*, n. 7518 (in Hb. U. S., Pb. et in Hb. Br.); Fort Tejon near lat. 35′, and long. 119′ a. 1857-58, leg. X. de Vesey in Hb. U. S.; San Leandro Creek, leg. H. N. Bolander (in Hb. U. S.); Colwater Canyon, S. Antonio Mount., 12 VII 1902, leg. Abrams, *Expl. of Sant. Calif.* n. 2702 (in Hb. Pb.); California, a. 1891 leg. Coville et Funston (in Hb. Pb.); Panamint Mountains, 29 V 1891, leg. F. V. Coville et F. Funston, *Biolog. expl. U. S. Dep. of Agr. Death Valley exp.* n. 972 (in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Questa interessante varietà fu intravveduta, come appare dalla sinonimia, dall' Hooker, ma venne accuratamente diagnosticata, come specie a sè, soltanto nell' ultimo decennio dal Goodding, il cui autotipo, raccolto nel Nevada (donde il nome) a Calientes, potemmo esaminare nell' Erb. Nazionale degli Stati Uniti di Washington. Negli esemplari meglio caratterizzati vi si potrebbe vedere una specie a sè; ma troppo evidenti e numerosi sono i collegamenti col tipo e con *A. oblongum* Greene con cui l' A. l' ha confrontato e che noi riconduciamo a varietà della specie. Essa fu, quasi senza eccezione, distribuita dai botanici americani sotto il nome di *A. cannabinum* e ridescritta con 3 o 4 nomi dal Greene, che per noi sono dei sinonimi. Sta il fatto che essa differisce dalla specie linneana per le foglie,

in ambedue le pagine, di un colore verde-glauco e quindi omocrome, ma un termine di passaggio è per noi *A. palustre* Gr., pure a foglie omocrome, ma con pagina inferiore pelosetta. È poi da avvertire che, in alcuni esemplari, lo stato di disseccamento e lo sviluppo (esempl. di Utah, ecc.) lasciano molto perplessi su di un esatto riferimento. Gli esemplari n. 189 delle « Plants of California » distribuiti sotto il nome di *A. oblongum* Greene sono un passaggio a questa varietà: quelli del Minnesota conservati nell'« Hb. Greenianum » sotto il nome di *A. cordigerum* rappresentano intermediarî fra la varietà da noi ammessa e la presente: quelli di Montana (leg. Williams, n. 373), per le corolle manifestamente sviluppate, convergono a forme di *A. lividum*, che pure crescono in quello Stato. È una forma floribunda collegantesi, con tutti i possibili intermediarî, con il tipo quella che Greene ha chiamato *A. densiflorum*: parallela in certo modo alla var. *floribundum* (Greene) Nob. di *A. lividum* ed alla var. *floribundum* Nob. di *A. album*. Nè mancano forme ad infiorescenza povera od oligante!

δ **pseudosuksdorfii** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a praeced. foliis late elliptico-oblongis, elongatis, acutis. Distinguitur etiam planta minus robusta, cymis centralibus longe a ramis secundariis sterilibus vel serius florentibus superatis.*

Synonyma. — *Apocynum Suksdorfii* Elm. *Pl. of Oregon*, n. 2738, non Greene.

Staz. e loc. — Oregon, on rocks in North Fork of Umpqua River between Rock Creek and Steamboat Creek, 900-1200′, leg. Elmer in *Exsicc. s. c.* in Hb. U. S.

Osservazioni. — Per l'infiorescenza pauciflora con la cima centrale lungamente sorpassata dai rami secondarî, per le corolle minutissime e la forma delle foglie, ricorda *A. Suksdorfii*, sotto il cui nome fu distribuito. Ma le foglie in questo sono eterocrome; sono, invece, omocrome e di un colore verde-pallido nella nostra varietà, che rientra perciò fra le variazioni di *A. hypericifolium* nel largo senso nel quale è da noi inteso.

ε **myrianthum** [Greene, *Seven New Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. I (1903-06), pag. 59 (25 agosto 1904)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis mediis et superioribus (inferiora non vidimus) basi sensim attenuatis et longe petiolatis, petiolo usque 10 mm. longo, cymis paucifloris sed numerosis et ideo planta myriantha.*

Staz. e loc. — Secondo il Greene (in loc. cit.), « know only as collected by myself along the Humboldt River at Palisade, Nevada, 24 VII 1893 ». Nell'Erb. naz. degli Stati Uniti ne vedemmo un saggio pure di questa località, ma non autotipo, con la seguente provenienza: « Palisade, 5000′, 11 VIII 1909, leg. A. A. Heller, *Plants of Nevada Elko Co.*, n. 9940 ». Vi riferiamo pure, sebbene meno tipico, un esemplare anch'esso conservato in questa collezione, « Cheolon, 10 VII 1896, leg. M. Zuch, *Flora of Arizona* e ritenuto per *A. cannabinum*, con cui nulla ha da vedere.

ϑ **salignum** [Greene, *New Species of Apocynum*, in « Pittonia », vol. V, part 26 (Sept.-Nov. 1902), pag. 64] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur foliis oblongo-lanceolatis elongatis, ut plurimum, breviter petiolatis, acutis, perfecte homochromis, pallide viridi-glaucescentibus.*

Ic. nostr.: tav. VII, fig. 5.

Staz. e loc. — Ne vedemmo il tipo nell'Erb. naz. degli Stati Uniti (Hb. Gr.) raccolto da due allieve del Greene, messrs. V. Chesnut e E. Drew, in California, e precisamente nella « Humboldt County ». Vi riferiamo pure, più o meno tipici, i seguenti altri saggi:

Wyoming.— Hot Spring Bar, 20 m. souch of Jakson, 19 VII 1901, leg. E. D. Merrill a. E. N. Wilcax, *Plants of Wyoming*, n. 1042 (in Hb. U. S.); near Mammouth Hot Spring (2 mile bridge), 2 VIII 1902, leg. E. A. Mearus, *Plants of the Yellowstone Nat. Park*, n. 2783 (in Hb. U. S.).

Utah. — San Juan River, 14 VII 1895, leg. A. Eastwood, *California Academy of Sciences, Herbarium*, n. 71, (in Hb. U. S).

Colorado. — Grand Canôn of the Colorado, 2000′, 14 VI 1891, leg. D. T. Mac Dougal, *Plants of Arizona*, n. 209 (in Hb. U. S. sub: *A. laurinum* Greene!)

Arizona. — 10-20 VI 1890, leg. Ed. Palmer, *Flora of Arizona, Willow Spring*, n. 511 (in Hb. U. S.); Forestdale, Apache Reservation, 60 mile south of Holbrook, VII 1901, leg. W. Hough, *Plants of Arizona*, n. 209 (in Hb. U. S.).

California. — Sespe Creek, near Ten Sycamore Flat, 2300-2500′, 9 VI 1908, leg. Le Roy Abrams e E. A. Mc. Gregor,*Plants of Southern California, Ventura Co.*, n. 184 (in Hb. U. S.).

Nebraska. — Badger Creek, Dixon Co., 7 VI 1893, leg. Fr. Clements, *Pl. of Northeast Nebraska*, n. 2571 (in Hb. U. S.: forma aberrante!).

Osservazioni. — Ritenuto affine, « related », ad *A. cannabinum* Greene, fu distribuito nelle Essiccate s. c. quasi sempre sotto questo nome. L'omocromia delle foglie ed il loro colore verde-glauco ci inducono a ricondurlo al ciclo di *A. hyperici-folium*, di cui è una forma ad accusata stenofillia. Il n. 209 delle « Plants of Arizona » è determinato come *A. laurinum* Greene, ma non corrisponde al tipo quale fu descritto dall'A. e quale vedemmo pure nell'Erb. degli Stati Uniti. L'esemplare n. 2571 delle « Pl. of Northeast Nebraska » è una forma aberrante, in quanto che le foglie sono di un verde vivo di sopra e di un verde pallido di sotto, e quindi ricordano il tipo cannabinoide.

η oblongum [Greene, *New Species of Apocynum*, in « Pittonia », vol. V, part. 26 (Sept.-Nov. 1902), pag. 65] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Planta parum robusta, quandoque exilis, foliis oblongo-lanceolatis vel lanceolatis, interdum ellipticis, basi plus minus attenuatis, semper distincte petiolatis, apice acutis vel rotundato-mucronatis, omochromis et pallide viridibus-glaucescentibus.*

Synonyma. — *Apocynum pseudolaurinum* var. *dubium* Nob. in Hb. Br.

Ic. nostr. tav. VII, fig. 6.

Staz. e loc. — Vedemmo i saggi seguenti:

California. — Amador and Calaveras Counties, Clinton Bar, 2000′, VII et X 1895, leg. G. Hansen, *Fl. of the Sequoia gigantea Region*, 1162 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S.: autotipo!, nec non in Hb. W. g., Pb. et Br.); Pioneer, 3000′, 13 VII 1896, leg. Hansen, (in *Exsicc. s. c.*, n. 1854 sub: *A. cannabinum*); in wet sand along North Fork of Fea-

ther River, 1500′, 11 VII 1900, leg. J. B. Leiberg, *Plants of California*, n. 5098 (in Hb. U. S.: autotipo!); Pitriver Lower Cañon, leg. J. S. Newberry (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum*).

Nevada. — Unionville Valley, 5000′, IX 1867, leg. S. Watson, *U. S. Geol. Expl. of the 40th Parallel*, n. 458 (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum*).

Arizona. — Taylon, VI-VII 1897, leg. W. Hough, *Plants of Arizona*, n. 68 (in Hb. U. S.).

Kansas. — Wet places Riley Co., 14 IX 1895, leg. J. B. Norton, *Plants of Kansas* n. 324 (in Hb. U. S. et Hb. Br., sub: *A. cannabinum*).

Utah. — St. George, 2700′, 28 IX 1894, leg. M. E. Jones, *Plants of centr. a. south. Utah a. adjac. part. of Nevada a. Arizonà*, n. 6029 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum*).

Minnesota. — Winma, 24 VIII 1888, leg. J. M. Holzinger (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum*).

Osservazioni. — L'autotipo descritto dal Greene nell'opera s. c. è il n. 1162 distribuito dall'Hansen nella « Flora of the Sequoia gigantea Region », e riguarda una forma a foglie strettamente lanceolato-acute, uno dei casi di più accusata stenofillia del ciclo (cfr. la fig. 13 della tav. X). L'A. ha, però, nell'Erb. naz. degli Stati Uniti riferito al suo *A. oblongum* anche saggi a stenofillia meno pronunciata e con foglie un po' rotondate in alto (cfr. la fig. 6 della tav. VII). Sta il fatto che fra i due estremi si dànno tutti i possibili intermediarî. Fu interpretato e distribuito dai botanici americani quasi sempre sotto il nome di *A. cannabinum*, e non v'è dubbio che la forma di questo ciclo che più ricorda è la var. *album*, con la quale ad un esame superficiale si potrebbe confondere. Ma, nella var. *album*, come in tutto il ciclo, le foglie hanno la pagina superiore verde e l'inferiore pallida, laddove sono perfettamente omocrome e di un verde pallido nella var. *oblongum*. Essa occupa, inoltre, un'area non molta estesa, coincidente con gli Stati sud-occidentali della Unione.

θ **angustifolium** (Woot. New Mexico, coll. in the Gila River bottom near Cliff, Grant Co., n. 132 in Hb. Pb.) Bég. et Bel.

Diagn. — *Differt a praecedentibus foliis etiam angustius lanceolatis, homochromis sed utrinque laete viridibus.*

Synonyma. — *A. pseudolaurinum α typicum* Nob. in Hb. Br.

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 1.

Staz. e loc. — Allo stato delle conoscenze sembra localizzato nel Nuovo Messico e ne vedemmo i seguenti due esemplari: New Messsico coll. in the Gila river etc., c. 4600′, 13 VI 1903, leg. O. B. Metcalfe, num. 132 (in Hb. Pb. sub: *A. angustifolium* Woot. n. sp.); Mimbres, Grant Co., moist loane, 5500′, VII 1904, leg. O. B. Metcalfe, *Plants of New Messico*, n. 1070 (in Hb. Br. sub: *A. laurinum* Gr. et *A. pseudolaurinum* Bég. et Bel.).

Osservazioni. — È la forma forse più stenofilla del ciclo e ricorda anche più da vicino la var. *album* del ciclo di *A. cannabinum*, differendone solo per le

foglie omocrome. Ricorda pure le forme stenofille della var. *oblongum* sopra illustrata, ma da essa si distacca per il colore verde di ambedue le pagine. Non ci consta che Wooton abbia descritto la presunta sua nuova specie da noi ricondotta a varietà e meritevole di essere studiata su materiale più abbondante e meglio precisata la sua area distributiva. È una forma di collegamento fra le due stirpi!

VI.

Stirps A. MEDII.

È un gruppo polimorfo e tutt'altro che facile a ben delimitare. Quanto alle foglie, vi sono rappresentati, si può dire, tutti i tipi delle stirpi precedenti. I caratteri di intermediarità si rivelano specialmente nelle infiorescenze e nella fabbrica fiorale soprattutto della corolla. Le infiorescenze tendono ad essere terminali, bene spesso le centrali raggiungendo la stessa altezza di quelle portate degli assi secondarî e costituendo così, nel loro complesso, un più o meno ampio corimbo. Tutti i possibili intermediarî si dànno nella forma e lunghezza dei sepali rispetto alla corolla e questa, se è più grande delle forme cannabinoidi ed ipericifolie, è più piccola di quelle che abbiamo ricondotto nella stirpe di *A. androsaemifolium*. I lobi corollini sogliono essere per lo più eretti, ma non mancano specie a lobi patenti ed anche un po' riflessi. Parallelismo e convergenza di caratteri che, a nostro giudizio, accreditano l'idea che l'ibridismo non sia estraneo alla costituzione di alcune delle entità della stirpe, la cui filogenesi, indagata su materiale d'Erbario, appare complicata e, in parecchi punti, oscura. Quel che è certo si è che alcune di esse ricordano, pel complesso dei loro caratteri, la stirpe « androsaemifolium », e si possono considerare come entità parviflore della stessa: altre invece, specialmente per la forma delle foglie, ricordano le stirpi « cannabinum » ed « hypericifolium » e si possono interpretare come entità grandiflore o dell'una o dell'altra.

Gli elementi costituenti la stirpe sono, allo stato delle conoscenze, i seguenti:

Specie Orientali.

16. **Apocynum medium** Greene, *New or noteworthy species* in « Pittonia », vol. III, part 17 (Sett.-Dec., 1897), pag. 229.

Diagnosis. — *Perennis, caule cylindrico, ramis alternis vel oppositis, glabro, saepe purpureo, 0,60-1 m. alto. Folia late ovato-oblonga vel elliptica, rarius ovato-lanceolata, distincte petiolata, supra glabra, subtus pallidiora et plus minus dense puberula. Rami superiores omnes, primarii et secundarii, floriferi et ideo cymae numerosae saepe corymbum efformantes. Calyx glaber vel puberulus, sepalis latioribus vel angustioribus, corollae tubum subaequantibus. Corolla 4-5 mm. longa, plus minus urceolata, roseo-carnea vel albida, lobis obtusis patentibus, numquam reflexis. Folliculi reflexi, usque 90 mm. longi.*

Synonyma. — *A. urceolifer* Mill. *Dogb. of the distr. of Columbia*, in « Proceed. Biol. Soc. of Washington », vol. XIII, pag. 85 (28 Sept. 1899).

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 2.

Staz. e loc. — Ne vedemmo i seguenti esemplari:

Maryland. — District of Columbia, Brookland, 3 VII 1909, leg. E. L. Greene (Hb. Gr. ap. Hb. U. S. sub: *A. medium* Gr.: autot.!); Capitol View, 2 VII 1899, leg. G. S. Miller (in Hb. U. S. sub: *A. urceolifer* Mill.: autot.!).

Connecticut. — Weston, 15 VII 1884, leg. A. L. Winton, in Hb. of W. E. Safford, n. 660 (in Hb. U. S. sub: *A. pubescens* R. Br.).

Pennsylvania. — Vicinity of Georgetown, Lancaster Co., 28 VII 1890, leg. J. K. Small (in Hb. U. S. sub: *A. androsaemifolium*).

West-Virginia. — Near Bucklin, 10 VI 1895, leg. W. M. Pollock, *Flora of Upshur Co.* (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum*).

Osservazioni. — La posizione sistematica di questa specie che, allo stato delle conoscenze, sembra localizzata in pochi punti degli Stati nord-orientali della Unione, fu egregiamente fissata dal Greene, il quale scrive (in loc. cit.): « Plants « perhaps not uncommon in the middle eastern States; being the *A. androsaemi-* « *folium* of the District of Columbia lists, but as exactly intermediate as possible « between that species and *A. cannabinum*... *A. androsaemifolium* is seldom if ever- « erect. Its branches are ascending: its foliage either spreading or deflexed, and all « its branches flower simultaneously; its corollas are pinkish or rose-color, exactly « campanulate and nodding. *A. cannabinum* is always strictly erect, nith ascending- « never spreading-foliage. Its branching is of the dichotomous order, the terminal « cluster of flowers always developping first, those of the lateral branches superseding « the first and appearing later. The corollas are green... never white or even tinged « with pink or rose; they are strictly erect, narrow and cylindric. It should be noted « further that *A. cannabinum* is invariably light green as to the color of is herbage; « the other dark green, with a glaucous-pale under surface to the foliage. *A. me-* « *dium* has the general hue, the pinkish flower-color, and that simultaneous flowering « of all the branches which belong to *androsaemifolium*, but the habit, the leaf- « posture and even the leaf-outline that so distinctly characterise *cannabinum*. No « botanist seeing the plants when past flowering would their being *A. cannabinum*; « yet, as I have said, when in flower they are, in spite of all, taken as belonging « to *androsaemifolium*: yet the corolla is in its pattern not that of the last named, « but more nearly that of the other ». Non sarebbe possibile descrivere con più esatte parole (l'A. ha studiato le tre piante sul vivo!) lo stato di intermediarità della specie qui illustrata. Quanto poi ad =*A. urceolifer*, di cui pure vedemmo gli autotipi nell' Erb. Naz. degli Stati Uniti, i sottili caratteri escogitati dal Miller per differenziarlo da *A. medium* (« Calyx lobes narrow, about as long as tube of white, urceolate corolla; flowers about 5 mm. in lenght » =*A. urceolifer*; e « Calyx lobes broad, much shorter than tube of pinkish, suburceolate or tubular corolla; flowers about 6 mm. in length » =*A. medium*, sono tutti caratteri in fluttuazione, che non hanno valore specifico. Qui ricordiamo che il Miller cita, sempre per il distretto della

Colombia, un'altra località di cui non vedemmo esemplari; e cioè « the side of the Military Road, between Brightwood a. Rock Creek », leg. W. R. Maxon.

17. **Apocynum macrophyllum** Bég. et Bel. n. sp.

Diagnosis.— *Perennis, caule elato, robusto, ramoso, glabro. Folia late ovato-rotundata, apice obtusa, basi breviter petiolata vel subsessilia et caulem amplexantia, coriacea, supra glabra, subtus minute pubescentia, 60-70 × 30-40 mm. metientia. Cymae glabrae, terminales, densiflorae. Calyx glaber vel pilis sparsis indutus, lobis late ovato-lanceolatis, corollae dimidium aequantibus vel subbrevioribus. Corolla cylindrica, roseo-carnea, glabra, lobis erectis.*

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 3.

Staz. e loc. — Ci è noto delle seguenti provenienze:

Michigan. — Hillsides, Detroit, VI 1904, leg. O. A. Farwell, *Plants of Michigan* (in Hb. U. S., sub: *A. medium*).

New Jersey. — Ralway, a. 1865, leg Hens.... (in Hb. Bp., sub. *A. cannabinum*).

Massachussets. — Hasland, Sh. Melton, VII 1899, leg. Curchill (in Hb. Br., sub: *A. androsaemifolium*).

Osservazioni. — Specie macrofilla che ricorda le forme a foglie ampie ed arrotondate di *A. androsaemifolium*, differendone per il picciuolo brevissimo e la loro cuoiosità, e, per questo carattere, da *A. medium*, cui è, del resto, affine. Le infiorescenze sono di tipo esattamente intermedio fra *androsaemifolium* e *cannabinum*, mentre la corolla, di media grandezza, ricorda più da vicino la prima specie. Anche i calici sono di fabbrica androsemoide.

Come la precedente, la sua area coincide con i territorî nord-orientali dell'Unione.

18. **Apocynum sarniense** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 167 (13 III 1912).

Diagnosis. — *Perennis, caule erecto, robusto, e viridi purpurascente et minute puberulo, valde ramoso. Folia late ovata, basi rotundata et breviter petiolata, apice mucronulata, supra glabra, subtus incano-pubescentia. Cymae pauciflorae plerumque terminales, puberulae, bracteolis minimis, caducis. Calyx puberulus, sepalis lanceolatis, dimidium corollae aequantibus. Corolla mediocris, 5 mm. longa, roseo-carnea, cylindrico-campanulata, extus tomentella, lobis usque ad medium productis, erectis. Fructus non vidimus.*

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 4.

Staz. e loc. — Canada, Sarnia, Lambton Co., Ontario, 3 VIII 1902, leg. C. K. Dodge, *Plants of Canada* (in Hb. U. S., n. 444, 792 sub: *A. pubescens*, autotipo!).

Osservazioni. — Nota solo di questa località, di cui vedemmo l'autotipo. Il Greene vi vede un qualche cosa di intermedio fra il gruppo *cannabinum* e le specie del Pacifico: intermediarità che noi non riusciamo a comprendere, perchè troppo vaga. Dato il fusto peloso, le affinità maggiori cadono con *A. cannabinum* var. *pubescens*, da cui si distacca per la corolla più grande e, possiamo dire, intermedia fra il tipo cannabinoide e quello androsemifolio.

19. **Apocynum pseudomedium** Bég. et Bel. n. sp.

Diagnosis. — *Differt ab A. medio foliis angustioribus oblongo-ellipticis, elongatis, breviter petiolatis, basi subcordatis, supra intense viridibus et glabris, subtus pallidioribus, glabris vel sparse puberulis, numquam intense pubescentibus. Planta debilis, 25-50 cm. alta.*

Synonyma. — *A. medium* Nob. in Hb. Br.

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 5.

Staz. e loc. — Maine. - In graviter legder, Orne Falls, 7 VII 1900, leg. William et M. L. Fernald ex Hb. A. Gray (in Hb. Br., sub: *A. medium* Gr.).

Maryland. — In fundo argilloso humidoque ad « Corcorans woods » prope Washington, 30 VII 1890, leg. A. L. Blolm (in Hb. U. S., sub: *A. androsaemifolium*); in fundo sicco, graminoso, inter « Corcorans woods » et « B. O. railroad » prope Washington, 30 IX 1888 (stesso raccogl., erb. e nome).

New York. — Penn Yaan, leg. Sartwell (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum* var. *hypericifolium*).

Virginia. — Near Coral, Fairfax Co., 14 VIII 1905, P. Bartsch, *Plants of the distr. of Columbia a. vicinity* (in Hb. U. S., sub: *Apocynum* sp.).

Osservazioni. — È entità strettamente imparentata con *A. medium*, da cui si lascia distinguere per la microfillia e per la forma delle foglie, che lungo l'asse principale, sono cuoriformi e quasi abbraccianti alla base. Sembrano esistere intermediarî ed interpretiamo per tali gli esemplari raccolti presso Washington « in fundo argilloso humidoque ad Corcorans woods », richiamando su di essi l'attenzione dei botanici nord-americani allo scopo di precisare meglio il valore ed il limite delle variazioni. Qui aggiungiamo di averne visto saggi certamente sfuggiti alla coltura « an den Ufern der Kure bei der deutschen Colonie Alexanderdorf bei Tiflis » (Sibermann, in Hb. Br., sub: *A. venetum* L.!).

20. **Apocynum speciosum** Mill. *Dogb. of the Distr. of Columbia*, in « Proc. of Biol. Soc. of Washington », vol. XIII, pag. 83 (28 Sett. 1899).

Diagnosis. — *Perennis, caule robusto, glabro, ramoso, ramis ascendentibus, 0,75-1,25 cm. longo. Folia late ovata, basi rotundata et longe petiolata, petiolo 4-8 mm. longo, supra glabra, subtus praesertim secus nervos minute puberula, 70-80 × 35-45 mm. metientia. Cymae terminales densiflorae, glabrae, amplum corymbum efformantes. Calyx glaber vel sparse puberulus, sepalis triangulari-lanceolatis, $^1/_3$ corollae aequantibus. Corolla majuscula, 6-7 mm. longa, alba vel roseo-carnea, campanulata, fauce ampla, lobis oblongis obtusis margine parum ciliolatis, patentibus, sed non reflexis. Folliculi penduli, 70-120 mm. longi.*

Ic. nostr.: tav. VIII, fig. 6.

Staz. e loc. — Maryland. - Sligo, 25 VI 1899, leg. G. S. Miller (in Hb. U. S., nn. 340, 395, sub: *A. speciosum*, autotipo!).

Osservazioni. — Secondo il Miller (in loc. cit.), questa specie è sin qui nota di due sole località e cioè della citata e di « Glen Echo », ambedue nella « Montgomery

Co. (Maryland) ». Nella prima località fu raccolta « in dry old field, at side of road leading from Silver Spring to Sligo Branch ». Essa fu dall'A. comparata con *A. cannabinum*, mentre è per noi l'entità della stirpe che più da vicino ricorda, quanto alla fabbrica del calice e della corolla, l'*A. androsaemifolium*, di cui ha l'apparato fogliare, ma da questo si distingue, a prima giunta, per l'ampia infiorescenza nettamente corimbiforme.

21. **Apocynum insigne** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leaft. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 178 (13 III 1912).

Diagnosis.— *Perennis, caule elato, robusto, glabro, e viridi-purpureo, ramoso, ramis ascendentibus vel subdivaricatis, internodiis elongatis, 1 m. c. longo. Folia elliptico-lanceolata, longiuscule petiolata, petiolo usque 6 mm. longo, supra viridi-glabra, subtus cano-tomentella. Cymae terminales elongatae, pauciflorae, glabrae vel sparse puberulae. Calyx puberulus, sepalis triangulari-lanceolatis, latis sed brevibus, dimidiam corollam non aequantibus. Corolla majuscula, 6-7 mm. longa, roseo-carnea, lobis acutis* $^1/_3$ *tubo brevioribus, erectis. Folliculi penduli, 8 cm. longi, et ideo pro planta angusti* (*fide* Greene *in toto genere angustiores*!).

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 1.

Staz. e loc. — Virginia. - Stony Man Mountain, in the vicinity of a large spring, near the road, just below camp., 3 VII 1903, leg. G. S. Miller, *Plants of Virginia* [in Hb. U. S., nn. 673017-18-19-21, sub: *Amsonia Amsonia* (L.) Britt.: autotipo].

Osservazioni. — Ritenuto dal Greene affine ad *A. medium* del Distretto della Columbia, a noi ricorda la var. *Andrewsii* di *A. androsaemifolium*, distinguendosi da questa, come dal ciclo, per la corolla più piccola, a lobi eretti, cannabinoide. Specie egregiamente caratterizzata, ma meritevole di essere studiata su materiale più abbondante.

Specie occidentali ed orientali.

22. **Apocynum lividum** Greene, *Pl. Baker.*, vol. III, fasc. 1 (18 XI 1901), pag. 17.

Diagnosis. — *Perennis, caule ut plurimum debili, viridi-glauco et glabro, ramoso, ramis ascendentibus saepius oppositis. Folia ovata, ovato-oblonga vel ovato-lanceolata, basi cuneata et petiolata, vel subcordata et inferiora subsessilia, debilia, supra viridi-pallida, subtus glauca, rarius laete viridia, utrinque glabra vel rarius subtus sparse puberula. Cymae terminales plerumque subcorimbosae et foliosae. Calyx glaber, sepalis triangulari-lanceolatis vel lanceolatis, plus minus elongatis vel brevissimis. Corolla majuscula vel mediocris, numquam parva, alba vel plus minus anthocyanica.*

Area geografica e variazioni. — Questa specie, nel senso ampio nel quale è da noi compresa, se ha un'area prevalentemente occidentale, non manca qua e là nei distretti atlantici. È notevolmente polimorfa, presenta, cioè, numerose va-

rietà, su alcune delle quali è desiderabile si compiano ulteriori indagini. Sono le seguenti:

α **typicum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Folia ovato-oblonga, basi attenuata et breviter petiolata, textura debilia, utrinque glabra vel subtus sparse puberula. Pedunculi graciles, nutantes vel suberecti. Calyx glaber, sepalis debilibus lanceolatis, albis ex toto vel in margine. Corolla dealbata, 5 mm. longa, lobis patentibus vel recurvis* (ex Greene).

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 2.

Staz. e loc.: — Ci è noto delle seguenti regioni:

Stati occid.: Colorado. - Black Cañon, 8 VIII 1901, Ex Herb. C. F. Baker, n. 372 (in Hb. U. S., sub: *A. lividum*); Black Cañon, colonies common on R. R. banks, 8 VII, leg. C. F. Baker, *Flora of Colorado*, *Plants of the Gunnison Watershed*, n. 378 (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., sub: *A. luridum* Gr.); Black Cañon, 6800'. 8 VII 1901, leg. Baker, *Plants of West Central Colorado*, *Reg. of the Gunn. Waters.*, n. 372 (in Hb. U. S., Br. et W. g., sub: *A. lividum* Gr.); Maucos, roadside just within foothills, common, 9 VII 1898, leg. Baker, Earle a. Tracy, *Plants of Southern Colorado*, n. 429*a* in (Hb. U. S., et Hb. Ber., sub: *A. cannabinum*); Piedra, 11 VII 1899, leg. Baker, *Plants of Southern Colorado*, n. 526 (in Hb. U. S., Br. et Hb. c. ext. Fl., sub: *A. lividum*).

California. — Silver Mt., a. 1863, leg. Hillebrand (in Hb. Br., sub: *A. androsaemifolium*); Taylorsville, Indian Valley, Plamas Co,, VII 1873, leg. Nortville ex Hb. M. E. Pulsifer Ames (in Hb. W. g. et Kc., sub: *A. cannabinum*); Clear Creck Cañon, leg. Jones, n. 237 (in Hb. Bp., sub: *A. cannabinum*).

Stati orient.: Ohio. - Hamilton Co., leg. Metthes, n. 37 (in Hb. Br., sub: *A. androsaemifolium*); near Cincinnati, VII 1882, leg. Lloyd (in Hb. Gn., sub: *A. androsaemifolium*).

Kentucky. — Lexington, rock bank of Kent. river, leg. R. Peter ex Hb. Hook. (in Hb. Br., sub: *A. hypericifolium*).

Maine. — Westbrook, woods, VII 1900, leg. Ricker, *Fl. of Maine*, n. 670 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum*); River boorder, 15 VII 1908, leg. Mackenzie, *Plants of Maine*, n. 3537 (in Hb. U. S., sub: *A. medium*).

New Jersey. — Palisade, steiniges Ufer der Hudson bei Coytersville, leg. Gabenad (in Hb. Br. sub: *A. androsaemifolium*).

Massachusetts. — Plymouth ex Hb. Tuckermann (in Hb. Br., sub: *A. cannabinum*).

Canadà. — Dove? VIII 1875, leg. Joachim (in Hb. Bp.).

Osservazioni. — Come traspare dai nomi apposti ai varî esemplari da noi esaminati, questa entità fu interpretata, ora come *A. androsaemifolium* ed ora come *A. cannabinum*. Versa in condizione di perfetta intermediarità fra le due specie, ma in generale si avvicina e ricorda assai più la prima che non la seconda. La sua area appare assai vasta e saltuaria, non riuscendo comune in nessuno degli Stati e luoghi dove fu segnalata. L'opinione che si tratti di un eventuale prodotto ibrido s'impone e non è una interpretazione del tutto nuova. Nell'Erbario dell'Istituto bo-

tanico di Genova, come coltivati e subspontanei nell'Orto botanico di Praga, vedemmo esemplari, affatto corrispondenti ad *A. lividum*, che Willkomm aveva designato con la combinazione *A. cannabinum* × *androsaemifolium*. Nell'Erbario dell'Orto botanico imperiale di Pietroburgo, come coltivati colà, vedemmo numerosi saggi di un Apocino che Fischer aveva indicato col nome di *A. dubium*, rivelando i primi prevalenza di caratteri cannabinoidi, e, i secondi, androsemoidi: oscillazioni che si constatano anche in natura, accreditando l'idea sopra esposta, che merita di essere suffragata dalla riprova sperimentale. Qui aggiungeremo che il tipo fu descritto dal Greene su esemplari del Colorado, ma ne è tutt'altro che esclusivo!

β **texanum** Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Praecedenti simile, differt corolla minore, lobis rotundatis erectis.*

Staz. e loc. — Texas. - Turtle Cruk, Kerr Co., 2 V 1899, leg. W. L. Bray, n. 216 (in Hb. U. S., nn. 351, 358).

γ **Elmeri** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 181 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis minoribus et longius petiolatis, cymis floribundis et corymbosis terminalibus, sepalis luridis, corolla paullo minore. Praterea planta glaberrima.*

Staz. e loc. — Stato di Washington. - Withman Co., growing among rocks, rare, 18 VII 1896, leg. A. D. E. Elmer, *Flora of Withman Co.*, n. 285 (in Hb. U. S. et Hb. Br. sub: *A. cannabinum* et *A. Elmeri* Gr.: autotypa!).

Osservazioni. — È dal Greene ritenuto del gruppo « androsaemifolium », esprimendo il dubbio non sia una sottospecie di *A. pumilum*. I caratteri prevalenti sono, come già dicemmo del tipo, di quella stirpe: ma per noi è entità affinissima ad *A. lividum*, cui la riconduciamo.

δ **vacillans** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-1912), pag. 180 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis parum coriaceis basi subcordatis, subtus glabris vel puberulis, cymis pauciflоris, foliosis, pedunculis brevioribus, corolla minore lobis semper erectis.*

Staz. e loc. — Il tipo fu raccolto e descritto dello Stato di Washington (leg. G. R. Vasey, *Plants of Washington*, n. 430, in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum* et *A. vacillans* Gr.!). Ad esso riferiamo altri saggi, pure trovati in questo Erbario, di:

Washington. — Near Peshastin, Okanogan Co., 460 m., 25 VII 1893, leg. J. H. Sandberg et J. B. Leiberg, *Plants of the State of Washington*, n. 591 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum*).

Wyoming. — Road between Spinhs et Sarelim, a. 1888, leg. J. H. Knowlton (in Hb. U. S. sub: *A. cannabinum*).

Montana. — On steep bank southeast of Bozeman, 5 VI 1900, leg. V. K. Chesnut et W. W. Johnes, *Montana Plants coll. ne. Bozeman, Gallatin Co.*, n. 242 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum*).

Utah. — Belknap, 6000′, 12 VI 1900, leg. Stokes, in *Flora of Utah* (sub: *A. cannabinum*, in Hb. U. S.).

Osservazioni. — Come si vede, fu senza eccezione interpretato e distribuito sotto il nome di *A. cannabinum*. Il nome di « vacillans » imposto ad esso dal Greene — designante il suo stato vacillante fra il nominato ed *A. androsaemifolium* — è, se altri mai, espressivo. Le stigmate prevalenti sono di questa ultima specie, ed insistiamo nell'osservare che essa è strettamente affine alla forma precedente.

ε **convallarium** [Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-1912), pag. 174 (13 marzo 1912)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Distinguitur plantâ omnibus partibus glaberrima, foliis subcoriaceis late ovatis, basi rotundato-subcordatis, brevissime petiolatis, supra laete subtus pallide viridibus, cymis terminalibus et lateralibus foliosis, pedunculis nutantibus, corolla mediocri roseo-carnea, lobis erectis, inter se parum distantibus.*

Staz. e loc. — Northwest. Montana, Midvale, 14 VII 1903, leg. L. M. Umbach, *Hb. of North-West College*, n. 371 (in Hb. U. S., sub: *Ap. cann. glaberrimum* DC., et sub: *A. convallarium* Gr.); near Mecksville, in the Clark's Fork Valley, 22 VIII 1825, leg. J. B. Leiberg (esempl. citato dal Greene, ma da noi non visto).

Osservazioni. — È confrontato dal Greene con *A. cannabinum*: noi vi vediamo, come in tutto il gruppo, traccie evidenti di *A. androsaemifolium*.

ϑ **floribundum** [Greene, *Nov. occid.* IV, in « Erythea », vol. I, n. 7 (VII 1893), pag. 151 Bég. et Bel.].

Diagnosis. — *Distinguitur plantâ glaberrima, foliis et ramis oppositis, foliis ovato-oblongis, breviter petiolatis, pallide viridibus, subtus glaucescentibus, cymis elegantis floribundis corymbose dispositis, sepalis lanceolatis dimidium corollae aequantibus, corolla lurido-carnea, cylindroidea, elongata, 6-7 mm. longa lobis erectis vel parum patentibus.*

Staz. e loc. — California. - Tehachapi, 22 VI 1889, leg. E. L. Greene, *Pl. of California* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., nn. 6998 e 7001, sub: *A. floribundum* Gr., autotypa!: località così completata dall'A. nell'opera su citata: « Dry ground bordering pine woods, in the higher mountains west of the Mohave Desert, in Kern Co., California, 1889 »).

Osservazioni. — Varietà ben distinta, comparata dal Greene con *A. cannabinum*, da cui la distinguono l'infiorescenza terminale a mo' di corimbo, la corolla cilindroidea, ma più allungata. I caratteri vegetativi sono di *A. lividum*, nel cui ciclo la riconduciamo.

η **abditum** [Greene, *Misc. spec. Types. III*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-1912), pag. 105 (6 ott. 1910)] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a typo foliis ovato-oblongis, minoribus, 5×2 1/2 cm.*

met., laete viridibus, supra glabris, subtus puberulis. In reliquis nulla differentia, nisi cymis pauciflоris centralibus a lateralibus superatis.

Synonyma. — *A. coconinum* Greene, *Plants of Arizona*, n. 235 (in Hb. U. S.).

Staz. e loc. — Arizona. - Bottombiss pit, moist soil, Coconino National Forest a. vicinity, 1 VII 1909, leg. G. A. Pearson, *Plants of Arizona*, n. 234 (in Hb. U. S., sub: *A. coconinum* Gr.).

Osservazioni. — È dal Greene ritenuta del gruppo di *A. cannabinum*; ma, come egli osserva, « the corollas are very different in form as well as color »: ciò che si può ripetere per tutto il ciclo.

θ **viarum** [Heller, *Plants of California, Nevada County*, n. 8110] Bég. et Bel.

Diagnosis. — *Differt a prioribus foliis utrinque cinereo-viridibus, cymis irregularibus elongatis subcentralibus, sepalis late lanceolatis vel subovatis lucidis albo-marginatis, corolla roseo-carnea cylindroidea, angusta, lobis erectis.*

Staz. e loc. — California. - Near Nevada City, 14 VII 1905, leg. A. A. Heller, in *Exsicc.* s. c. (in Hb. U. S., n. 611, 667).

Osservazioni. — Non ci consta che questa specie, da noi ricondotta nel ciclo di *A. lividum*, per quanto una delle più aberranti, sia stata pubblicata. La diagnosi nostra è redatta, sia sull'autotipo, come su di una scheda a stampa che lo accompagna. È meritevole di essere ulteriormente investigata e frattanto avvertiamo che in tale scheda la provenienza è così completata: « on the outskirts of Nevada City, Nevada Co., Cal., along the roadside and on the edge of little meadow on the line of the electric railroad »: donde il nome!

Specie Occidentali.

23. **Apocynum laurinum** Greene, *New Spec. of Apocynum*, in « Pittonia », vol. V, part 26 (sett.-nov. 1902), pag. 65.

Diagnosis. — *Perennis, caule elato sed debili, glabro, ramoso. Folia inferiora subsessilia et subcordata, superiora breviter petiolata oblongo-lanceolata, 5-8 × 2 1/2-3 cm. met., supra glabra, subtus secus nervos minute puberula margine punctulata et minute ciliolata, omnia pallide viridia. Cymae pauciflorae, glabrae. Calyx glaber, sepalis ovatis, 1/3 - 1/4 calyce brevioribus. Corolla parva, alba, cylindrico-campanulata.*

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 3.

Staz. e loc. — Nuovo Messico, 8 VI 1897, 6300′, leg. E. O. Wooton, *New Mexico in the Oregon Mountains, Doña Ana Co.*, n. 113 (in Hb. U. S. et Hb. Br., sub: *A. cannabinum* et *A. laurinum* Gr.).

Osservazioni. — Greene lo ritenne « of the cannabinum alliance »; ma noi dichiariamo di non essere riusciti a farci un'idea del tutto esatta della posizione sistematica di questa specie, che ha per sè un carattere affatto aberrante nelle neogee e, cioè, il margine delle foglie con piccole sporgenze dentiformi. Il calice è di tipica fabbrica androsemoide: la corolla, piccola e bianca, è quasi di *A. cannabinum*: le

foglie ricordano quelle di *A. lividum*. Richiamiamo l'attenzione dei botanici americani sulla stessa.

24. **Apocynum ciliolatum** Piper, *Fl. of to State of Washington*, in « Contr. Un. St. Nat. Herb. », vol. XI (1906), pag. 453.

Diagnosis. — *Perennis, caule erecto, folioso, glabro, ramoso ramis ascendentibus, 60-70 cm. longo. Folia elliptica vel elliptico-lanceolata, utrinque puberula, inferiora et media subsessilia vel brevissime pedunculata, superiora longiuscule, 4-7×2-3 cm. met. Cymae terminales, elongatae, floribundae, glabrae vel pilis sparsis puberulae, bracteis ciliatis. Calyx glaber, sepalis latiusculis et brevibus corollae tubo brevioribus, minute ciliolatis. Corolla mediocris, roseo-carnea, 5 mm. longa, tubo brevis et anguste cylindrico, lobis elongatis et profundis dimidiam corollam aequantibus, anguste lanceolatis, acutis, erectis, ciliolatis. Fructus non vidimus.*

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 4.

Staz. e loc. — Stato di Washington. - Wewawai, Lake et Hull, 17 VII 1892, leg. Piper, *Washington Flora, Herb. State Agric. College*, n. 542 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum* et *A. ciliolatum* Pip.: autotipo).

Osservazioni. — Fu comparato dall'A. con *A. cannabinum*, cui si distingue, oltre che per la corolla di forma *sui generis*, per le bratteole, i sepali ed i lobi corollini ciliolati lungo il margine: donde il nome. È, inoltre, pianta ad infiorescenza ampia, allungata, floribunda, ed evidentemente discende da ceppo cannabinoide.

25. **Apocynum incanum** Greene, *Access. to Apocynum*, in « Leafl. bot. obs. a. crit. », vol. II (1910-12), pag. 164 (18 nov. 1911).

Diagnosis. — *Perennis, caule erecto, ramoso, puberulo. Folia ovato-lanceolata, breviter petiolata, supra minute puberula, subtus griseo-tomentella. Cymae densae, terminales, corymbosae. Sepala puberula lanceolata dimidium corollae aequantia. Corolla majuscula, 5 mm. longa, roseo-carnea, cylindroidea, extus puberula, lobis dimidiam corollam aequantibus.*

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 5.

Staz. e loc. — Oregon. - Bolt, Jackson Co., 8 VII 1892, leg. E. W. Hammond, *Southern Oregon Flora*, n. 275 (in Hb. U. S., sub: *A. cannabinum* L., et sub: *A. incanum* Gr. autotipo).

Osservazioni. — Giustamente il Greene scrive che questa interessante specie appare essere « somewhat intermediate between the *Cannabina* and the *Androsaemifolia* to which *A. medium* of the East and several others belong ». Per noi è un *A. medium* a fusto e pagina superiore delle foglie pelosi: vale quanto dire che esso occupa nella stirpe la stessa posizione di *A. griseum* rispetto ad *A. androsaemifolium*, *A. tomentellum* rispetto ad *A. pumilum*, *A. pubescens* rispetto ad *A. cannabinum*! Da questo ultimo differisce, a prima giunta, per l'infiorescenza corimbiforme e la corolla, bensì cilindroidea, ma manifestamente più lunga.

26. **Apocynum vestitum** Greene, *Man. of the Bay-Region. Botany*, pag. 240 (1894).

Diagnosis. — *Caulis, pubescentia et habitus praecedentis: differt foliis subcoriaceis, subtus intensius tomentosis, sepalis angustioribus et magis elongatis, corolla perfecte cylindroidea, minore, 4 mm. longa, lobis angustioribus.*

Ic. nostr.: tav. IX, fig. 6.

Staz. e loc. — California. - St. Helma, VII 1891, leg. E. L. Greene, *Hb. Un. of California, Plants of California* (Hb. Gr. ap. Hb. U. S., sub: *A. vestitum* Gr.: autotipo); Dry Creek, Napa Co., 12 V 1895, leg. E. L. Greene, *Plants of California*, in Hb. U. S. (specimina parum a praeced. diversa et sine floribus!).

Osservazioni. — I due esemplari sopra citati, l'uno fiorifero e l'altro sterile, appaiono essere un po' diversi e la specie merita, in confronto con la precedente con la quale ha in comune i caratteri fondamentali, di essere più attentamente investigata.

BIBLIOGRAFIA

1. Aitchinson J. E. T. — « The Botany of the Afghan Delimitation Commission ». Trans. of the Linn. Soc. Botan., 2ª ser., vol. III, pag. 87.
2. Aiton W. — « Hortus Kewensis ». London, I (1789), pag. 304.
3. Bailey W. W. — « *Apocynum* ». Bull. Torr. Bot. Club., V (1874), pag. 9.
4. Baillon H. — « Types nouveaux d'Apocynacées ». Bull. de la Soc. Linn. de Paris, vol. I (1888), pag. 757.
5. Id. — « Histoire des plantes », vol. X (1891), pag. 208.
6. Baldacci A. — « Sulla ramificazione delle Apocinacee ». Bull. Soc. bot. ital., Firenze, 1893.
7. Bartolozzi F. — « Memoria del sig. ..... sopra le qualità, che hanno i fiori della pianta detta *Apocynum androsaemifolium*, di prender le mosche, con una osservazione nuova su la fecondazione delle piante ». Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti. In Milano, 1779, pp. 193-200.
8. Beal J. W. — « The Agency of Insects in fertilisation ». Amer. Natur., vol. XIV (1880), pag. 201.
8bis. Id. and Weeler F. C. — « Michigan Flora ». Agricultural College, Michigan, 1892.
9. Beck von Mannagetta. — « Die Vegetation Verhältnisse der illyrischen Länder ». (Die Vegetation der Erde. IV), Leipzig, 1901, pag. 165.
10. Béguinot A. — « Contributo alla conoscenza della Flora littoranea del Polesine (prov. di Rovigo) ». Bull. Soc. Bot. Ital., 1911, pag. 232.
11. Id. e Fiori. — « Schedae ad Floram Italicam Exsiccatam ». Nuov. Giorn. Bot. Ital., n. ser., vol. XVII (1910), pag. 66, n. 1109
12. Béguinot. — « La vita delle piante superiori nella Laguna di Venezia ». Mem. n. 54 dell'Ufficio Idrografico presso il R. Magistrato alle Acque. Venezia, 1913.
13. Bertoloni A. — « Flora Italica ». Bononiae, vol. III (1837), pag. 16.
14. Bessey E. Ch., Pound R., Clements E. Fr. — « Studies in the vegetation of the State, I. Report on recent Collections ». Lincoln, Nebraska, vol. V (1901).
15. Blanc E. — « Note sur le Kendir ». Mem. de la Soc. d'Agric. de France, tom. CXXXVI (1894).
16. Blankinship W. J. — « Plantae Lindheimerianae ». From the Eighteenth Annual Report of the Missouri Botanical Garden, pa. III (1907), pag. 152.
17. Boissier E. e Buhse F. — « Aufzahlung der auf einer Reise durch Transkaukasien und Persien gesammelten Pflanzen ». Nouv. Mém. de la Soc. Impér. des Natur. de Moscou, vol. XII (1860), pag. 147.
18. Boissier Ed. — « Flora Orientalis, sive Enumeratio Plantarum in Oriente a Graecia et Aegypto ad Indiae fines hucusque observatarum », vol. 4° (1879), pag. 48.
19. Bonnier G. — « Les nectaires. Étude critique, anatomique et physiologique ». Ann. Sc. Nat. Botanique, ser. 6ª, tom. VIII (1879), pag. 92.
20. Bornmueller J. — « Ein Beitrag zur Kenntniss der Flora in Syrien und Palästina ». Verhandl. der K. K. zool.-bot. Gesell. in Wien, Bd. XLVIII (1898), pag. 544.
21. Id. — « Bearbeitung der von J. A. Knapp in nordwestlichen Persien gesammelten Pflanzen ». Ibid., vol. LX (1910), pag. 150.
22. Brandza D. — « Flora Dobrogei ». Bucuresci, 1898, pag. 269.
23. Brandegee T. S. — « A collections of plants from Baya California ». Proceed. of the California Acad. of Sciences, 2ª ser., vol. II (1889), pag. 182.

24. Britton N. — « Manual of the Flora of Northern United States a. Canada ». New York, 1901.
25. Id. et Brown H. A. — « An illustrated Flora of the Northern United States, Canada a. the British Possessions ». New York, vol. III (1898), pag. 2.
26. Britton N. L. e Murray Vail A. — « An enumeration of the plants collected by M. E. Penard in Colorado during the summer of 1892 », Bull. Herb. Boiss., tom. III (1895), pag. 214.
27. Brown R. — « On the Asclepiadaceae ». Mem. of the Wernerian Society, vol. I (1808-1810), pp. 12-78.
28. Bunge A. — « Enumeratio plantarum quas in China boreali collegit D. A. Bunge anno 1831 », pag. 43.
29. Caruel T. in Parlatore F. — « Flora italiana ». Firenze, vol. VI, pag. 713.
30. Chapman W. A. — « Flora of the Southern United States ». Ediz. II, pag. 358, New York, 1887.
31. Clements E. Fr. — « Formations and Succession Herbaria ». University Studies, vol. IV (1904), n. 4.
32. Coville J. V. — « Botany of the Death Valley expedition ». Contribution from the Un. Stat. Nat. Herb., vol. IV (1893), pag. 149.
33. Coulter M. John. — « Manual of the Botany of the Rocky Mountain Region, from New Mexico to the British boundary ». New York and Chicago, 1885, pag. 237.
34. Curtis A. — « Flowering Plants. Geological and Natural History Survey of North Carolina. Botany ». Pars III, pag. 44. Raleigh, 1867.
35. Danguy P. — « Contribution a l'étude du genre *Apocynum*, dans l'Asie centrale » in H. Lecomte. « Notulae Systematicae », tom. II, n. 5 (1911), pag. 136.
36. Daniels Potter Fr. — « Flora of Columbia and vicinity ». The University of Missouri Studies, vol. I, n. 2 (1907), pag. 192.
37. Davidoff B. — « Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Flora von Bulgarien ». Oesterr. botan. Zeitschr., Bd. III (1903), pag. 166.
38. Delpino F. — « Sugli apparecchi della fecondazione nelle piante Antocarpee ecc. ». Firenze, 1867, pp. 19 e 21.
39. Donati A. — « Trattato de' semplici, pietre et pesci marini che nascono nel lito di Venetia etc. ». Venezia, 1631, pag. 39.
40. Eastwood A. — « Report on a collection of plants from San Juan County in southeastern Utah ». Proceedings of the California Acad. of Sciences, ser. 2ª, vol. VI (1896), pag. 305.
41. Engler A. — « Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt insbesondere der Florengebiet seit der Tertiärperiode. Leipzig, 1879-1882.
42. Fedcenko A. B. e Flerow T. A. — « Flora della Russia europea (Flora evroneïsckoï Rossü) ». Pietroburgo, 1910, pag. 762.
43. Forbes Blackwill J. e Hemsley Botting W. — « Enumeration of all the plants known from China Proper, Formosa, Hainan, the Corea, the Luchu Archipelago and the island of Hongkong ». Journal of Linnean Society, vol. XXVI (1889-1902), pag. 98.
44. Forskal P. — « Flora aegyptiaco-arabica ». Hauniae (1775), pag. xxii.
45. Franchet A. — « Plantae Davidianae ». Nouvelles Archives du Muséum, ser. 2ª, vol. VI (1883), pag. 86.
46. Id. — « Catalogue des plantes recueillies aux environs de Tché-fou par Mr. A. A. Fauvel ». Mém. de la Société nationale des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg, vol. XXIV (1884), pag. 234.
47. Id. et Savatier L. — « Enumeratio plantarum in Japonia sponte crescentium ». Parisiis, vol. I (1875), pag. 136.
48. French H. T. — « Insects caught by *Apocynum* ». Bot. Gaz., VIII (1883), pag. 171.
49. Frye Th. Chr. e Blodgett B. E. — « A contribution to the life history of *Apocynum androsaemifolium* ». Bot. Gaz., tom. XL (1905), pag. 49.
50. Garcin A. G. — « Recherches sur le Apocynées ». Ann. de la Société Botanique de Lyon, tom. XV (1887), pag. 198.

51. Georgi J. G. — « Geographisch physikalische und naturhistorische Beschreibung des russischen Reiches ». Königsberg, III (1802), pag. 812.
52. Gooding Leslie N. — « Soutwestern Plants ». Bot. Gaz., tom. XXXVII (1904), pag. 57.
53. Gortani L. ed M. — « Flora Friulana, con speciale riguardo alla Carnia, Udine, part. 2ª (1906), pag. 326.
54. Gueldenstaed J. A. — « Reise durch Russland und im kaukasischen Gebirge, herausgegeben von Peter Simon Pallas ». St.-Petersbourg, 1787-1791: I, pag. 191.
55. Gmelin S. G. — « Reise durch Russland zur Untersuchung der drei Naturreiche ». Petersbourg, 1774, vol. III, pag. 198.
56. Gray Asa. — « Synoptical Flora of North America ». New York, vol. II, part. 1ª, pag. 82.
57. Id. — « Manual of the Botany of the Northern United States ». New York and Chicago, 5ª ed., (1868), pag. 393.
58. Greene A. C. — « *Apocynum androsaemifolium* ». Bull. Torr. Bot. Club., tom. IV (1873), pag. 12.
59. Greene E. L. — « Vegetation of the Summit of Mount Hamilton ». Erythea, vol. I, n. 4, pag. 92. S. Francisco, 1893.
60. Id. — « Novitates occidentales. IV ». Erythea, vol. I, n. 7, pag. 147. S. Francisco, 1893.
61. Id. — « Manual of the Bay-Region ». Botany, pag. 240. S. Francisco, 1894.
62. Id. — « New or Noteworthy species. XIX. ». Pittonia, vol. III, part., 17ª, pag. 229. Washington, 1897.
63. Id. — « Asclepiadaceae and Apocynaceae ». Plantae Bakerianae, vol. III, pag. 16 (1901), fasc. I.
64. Id. — « New species of *Apocynum* ». Pittonia, vol. V, pa. 26ª, pag. 64. Washington, 1902.
65. Id. — « The technical name of two Dogbanes from the District of Columbia ». Proceedings of the Biological Society of Washington, vol. XV, pag. 35. Washington, 1902.
66. Id. — « Seven new Apocynums ». Leaflets of botanical observation and criticism, vol. I, pag. 56. Washington, 1903-1906.
67. Id. — « New plants from middle California ». Ibid., vol. I, pag. 73. Washington, 1903-1906.
68. Id. — « Miscellaneous specific Types. III. ». Ibid., vol. II, pag. 105. 1910-12.
69. Id. — « Accessions to *Apocynum* ». Ibid., vol. II, pag. 164. Washington, 1910-1912.
70. Id. and Nieuwland J. A. — Some linnean trivial names ». The american middland naturalist, vol. II, n. 5, pag. 118. Notre Dame, Indiana, 1911.
71. Grisebach A. — « Spicilegium Florae Rumelicae et Bithynicae ». Brunsvigae, vol. II (1844), pag. 66.
72. Hance H. F. — « Spicilegia Florae sinensis: diagnosis of new and habitat of rare or hitherto unrecorded chinese plants ». Journ. of Bot., vol. XXI (1883), pag. 323.
72bis. Handley P. C. — « The type localities of plants first described from New Mexico ». Contrib. from the Un. Stat. Nat. Herb., vol. XIII, part. 6ª, pag. 208. Washington, 1910.
73. Harshberger J. W. — « Phytogeographic Survey of North America ». Leipzig, 1911 (Die Vegetation der Erde. XIII).
74. Heim F. — « Quelques faits relatifs à la capture d'insects par des fleurs d'Asclepiadacées et d'Apocynacées ». Bull. mens. Soc. Linn. de Paris, 19 aprile 1893, pag. 1096.
75. Hemsley W. Botting. — « The Flora of Tibet or high Asia ». Journ. Linn. Soc., vol. XXXV (1901-1904), pp. 124-265, Cfr. pag. 203.
76. Henderson G. e Hume A. O. — « Lahore to Yarkand. Incidents of the route and natural history of the countries traversed by the expedition of 1870, under F. B. Forsyth », 1873, pag. 327.
77. Hitchcock A. S. — « Report on a collection of ptants made by C. A. Thompson in southwestern Kansas in 1897 ». Contrib. the Un. Stat. Nat. Herb., vol. III, n. 9 (1896), pag. 548.
78. Hohenacker R. Fr. — « Enumeratio plantarum quas in itinere per provinciam Talysch collegit etc. ». Bull. de la Soc. Imp. des Natural., a. 1838, III, pag. 318.
78bis. Id. — « Enumer. Elisabethpol etc. », pag. 220 (non visto).
79. Holzinger J. M. — « Report on a collection of plants made by J. H. Sandberg and Assistants in northern Idaho in the year 1892 ». Contr. Un. Stat. Nat. Herb., III, n. 4 (1895).

80. Hooker J. W. — « Flora Boreali-Americana, or the Botany of the Northern parts of British America ». London, vol. II (1860), pag. 51.
81. Hooker J. D. — « Flora of British India », vol. III (1882), pag. 657.
82. Jacquin N. J. — « Hortus botanicus Vindobonensis ». Vindobonae, III (1776), pag. 37.
83. Jepson L. W. — « The Riparian Botany of the Lower Sacramento ». Erythea, vol. I, n. 12, pag. 245. S. Francisco, 1893.
84. Kanitz A. — « Plantas Romaniae hucusque cognitas ». Melléklet a Magyar növenytani. Lapok III-V. Erfolyamahoz, Claudiopoli, 1879-1881 (pag. 77 estr.).
85. Kunth P. — « Handbuch der Blütenbiologie ». Leipzig, II, 2 (1899), p. 69, III, 2 (1905), pag. 35.
86. Korshinsky S. — « Tentamen Florae Rossicae orientalis ». Mém. de l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersbourg, ser. 8ª, vol. VII (1898), pag. 288.
87. Ledebour C. F. — « Flora altaica ». Berolini, I (1829), pag. 234.
87bis. Id. — « Flora rossica ». Stuttgartiae. vol. III, pars. 1ª (1847), pag. 43.
88. Legget W. H. — « *Apocynum* ». Bull. Torr. Bot. Club, III (1872), pp. 34, 46, 49, 53; IV (1873), pag. 23.
89. Levi-Morenos D. — « L'Esula Veneziana ed il Kendir, una nuova industria agraria per la Regione Lagunare Veneta ». Neptunia, vol. XI, n. 3 (1896), pp. 7 e 25.
90. Lubbock J. — « On Stipules, theirs Forms and Functions ». Journ. of the Linn. Soc. Botany, vol. XXX, pars II (1895), pag. 463.
91. Ludwig F. — « Ueber die Bestäubungsvorrichtung und die Fliegenfalle des Hundskohls *Apocynum androsaemifolium* ». Kosmos, Bd. VIII (1880), pag. 182.
92. Id. — « Zur Biologie der Apocyneen ». Bot. Centralbl., Bd. VIII (1881), pag. 183.
93. Mac Gregor Ernest A. — « Two new seed-plants from the Lake Tahoe region, California ». Bull. Torrey Bot. Club, vol. XXXVII (1910), pag. 261.
94. Mac Millan Conway. — « Observations on the distribution of plants along Shore at Lake of the Woods ». Minnesota Botanical Studies, pag. 949 (1896).
95. Id. — « Minnesota Plant Life ». Saint-Paul, Minnesota, 1899.
96. Marchesetti C. — « Flora di Trieste e de' suoi dintorni ». Trieste, 1896-97, pag. 370.
97. Marshall von Bieberstein F. — « Flora Taurico-Caucasica exhibens stirpes phanaerogamas in Chersoneso taurico et regionibus caucasicis sponte crescentes ». Charkoviae, vol. I (1808), pag. 177. Supplementum, 1819. pag. 173.
98. Maximowicz. — « Primitiae Florae Amurensis » pag. 474.
99. Michaux A. — « Flora Boreali-Americana ». Parisiis et Argentorati, a. XI (1803), pag. 121.
100. Miller Gerrit S. — « The Dogbanes of the District of Columbia ». Proceedings of the Biological Society of Washington, vol. XIII (1899), pag. 79.
101. Id. — « The technical names of two Dogbanes from the District of Columbia ». Ibid., vol. XV (1902), pag. 35.
102. Moench C. — « Methodus plantas horti botanici et agri Marburgensis a staminum situ describendi ». Marburgi Cattorum, 1794, pag. 464.
103. Pallas S. P. — « Flora Rossica seu stirpium Imperi Rossici per Europam et Asia indigenarum », vol. I, pars I, Francofurti et Lipsiae (1789).
104. Piper Ch. V. — « Flora of the State of Washington ». Contrib. from the Un. Stat. Nat. Herb., vol. XI (1906), pag. 453.
105. Pospichal E. — « Flora des oestereichischen Küstenlandes ». Leipzig u. Wien, II (1898), pag. 484.
106. Post E. George. — « Flora of Syria, Palestine and Sinai, from the Taurus to Ras Muhammad and from the Mediterranean Sea to the Syrian Desert, pag. 522.
107. Pound R. e Clements E. F. — « The Phytogeography of Nebraska I. General Survey ». ed. II. Lincoln, Nebraska, 1900.
108. Pursh F. — « Flora Americae septentrionalis ». London, vol. I, ed. II (1814), pag. 179.
109. Rabenhorst L. — « Vorläufiger botanischer Bericht über meine Reise durch die ostlichen und südlichen Provinzen Italiens in Jahre 1847 ». Flora, N. Reihe, VII e VIII Jahrg. (1849-50).
110. Radde G. — « Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Kaukasusländern ecc. ». Leipzig, 1899 (Die Vegetation der Erde. III).

111. Reichenbach L. — « Flora germanica excursoria ». Lipsiae, 1830, pag. 429.
112. Reichenbach H. G. — « Icones florae germanicae et helveticae ». Lipsiae, XVII (27), 1885, pag. 16.
113. Regel E. et Herder F. — « Enumeratio plantarum in regionibus Cis- et Transiliensibus a Cl. Semenovio anno 1857 collectarum ». Bull. de la Soc. Imp. d. Nat. de Moscou, pag. 66 (1867).
114. « Report upon United States Geographical Survey west of the one hundredth meridian etc. Botany », vol. VI, Washington, 1878, pag. 186.
115. Richter H. E. — « Codex botanicus linnaeanus ». Lipsiae, 1835, pag. 235.
116. Robertson Ch. — « Flowers and Insects. VI ». Bot. Gaz., vol. XVI (1895), pag. 65.
116bis. Roemer J. J. et Schultes J. A. — « Systema vegetabilium ». Stuttgardtiae, vol. IV (1819), pag. 404.
117 Rydberg P. A. — « Flora of the Sand Hills of Nebraska ». Contrib. the Un. Stat. Nat. Herb., vol. III (1895), pag. 169.
118. Id. — « Flora of the Black Hills of South Dakota ». Contrib. from the Un. Stat. Nat. Herb., vol. III (1896), pag. 513.
119. Schleiden M. J. — « Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik ». Zweiter Theil, Leipzig 1846, pag. 325.
120. Schrenk, in Bulletin de physique et mathématique de l'Academie de St. Petersbourg, 1844, pag. 115.
121. Schumann K. — « *Apocynaceae* », in Engler e Prantl, « Die natürlichen Pflanzenfamilien » IV, 2, pag. 109, Leipzig, 1895.
122. Scotti L. — « Contribuzioni alla biologia floreale delle *Contortae* ». Annali di Botanica di R. Pirotta, a. IX, fasc. III (1911), pag. 166.
123. Sibthorp J. et Smith J. E. — « Florae Graecae prodromus ». Londonii, vol. I (1806), pag. 166.
124. Steven Chr. v. — « Verzeichniss der auf taurischen Halbinsel wildwachsenden Pflanzen ». Bull. de la Soc. Imp. des Natural. de Moscou, a. 1857, n. 2, pag. 330.
125. Tausch J. F. — « Botanische Beobachtungen ». Flora, Bd. XIX, part. 2a (1836), pag. 385.
126. Terracciano A. — « Le piante dei dintorni di Rovigo. Centuria II. ». Bull. Soc. Bot. Ital., 1890, pag. 287.
127. Trelease W. — « The Missouri Dogbanes ». Missouri Botanical-Garden, a. 1898, pag. 147.
128. Turczaninow N. — « Flora Baicalensi-Dahurica, seu descriptio plantarum in regionibus cis- et transbaicalensibus atque in Dahuria sponte nascentium ». Bull. Soc. Imp. des Natur. de Moscou, a. 1842, n. 2, pag. 402.
129. Watson S. — « Contributions to American Botany » Proceed. of the Am. Acad. of Arts a. Sciences, vol XVIII (1883), pag. 113.
130. Velenowsky. — « Siebenter Nachtrag zum Flora von Bulgarien ». Sitz.-ber. der K. böhm. Gesellsch. der Wissensch. Math.-nat. Classe, a. 1899, pag. 5.
131. Withney J. D. — « Geological Survey of California. Botany »., vol. I, 2a ediz., pag. 473. Cambridge Mass. 1880.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

Tavola I.

Fig. 1. — *Apocynum venetum* L. *α typicum* delle arene marine presso il Po di Levante (Fl. It. exsicc., n. 1109).

Fig. 2. — *A. venetum* L. *γ oblongifolium* Bég et Bel. del Turkestan presso Vernoïe Hb. Mus. bot. Paris.).

Fig. 3. — *A. venetum* L. *ι microphyllum* Bég. et Bel. della Cina sett. (Hb. chin. presso l'Ist. bot. di Firenze).

Fig. 4. — *A. venetum* L. *ε ellipticifolium* Bég. et Bel. del basso Volga (Hb. Mus. bot. Berol.).

Fig. 5. — *A. venetum* L. *δ longifolium* Bég. et Bel. del Turkestan a Tak-Fon (Hb. Hort. bot. imp. Petrop.).

Fig. 6. — *A. venetum* L. *η turkestanicum* Bég. et Bel. del Turkestan a Buchara (Hb. Fl. ross., n. 1030).

Tavola II.

Fig. 1. — *Apocynum venetum* L. *ϑ anomalum* Bég. et Bel. degli Altai (Hb. Mus. bot. Berol.).

Fig. 2. — *A. venetum* L. *κ brachycarpum* Bég. et Bel. della Persia boreale (Hb. Hort. bot. imp. Petrop.).

Fig. 3. — *A. pictum* Schrenk della Songaria (Hb. Mus. bot. Berol.).

Fig. 4. — *A. Hendersonii* Hook. f. del Turkestan cinese a Yarkand (Hb. Hort. bot. imp. Petrop.).

Fig. 5. — Id. in fiore del Kan-sou (Hb. Mus. bot. Par.).

Fig. 6. — Id. in frutto di Boungour a Kourla (d. s.).

Tavola III.

Fig. 1. — *Apocynum androsaemifolium* L. *α typicum* (Leiberg, « Fl. Northern Idaho », n. 1500 in Hb. U. S.).

Fig. 2. — *A. androsaemifolium* L. *γ puberulum* Bég. et Bel. della Nuova Anglia (Hb. Mus. Nat. Ung. di Budapest).

Fig. 3. — *A. androsaemifolium* L. *ε Andrewsii* (Green.) Bég. et Bel. del Connecticut (Hb. Green. ap. Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 4. — *A. androsaemifolium* L. *ε griseum* (Green.) Bég. et Bel. del Canadà (Hb. Green. ap. Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. ambigens* L. *α typicum* del Colorado (Hb. Green. ap. Hb. U. S.).

Fig. 6. — *A. pumilum* (Asa Gray) Greene *β cercidium* (Greene) Bég. et Bel. della California (« Plants of California », n. 200 in Hb. U. S.). Autotipo!

Tavola IV.

Fig. 1. — *A. pumilum* (Asa Gray) Greene *γ calophyllum* (Green.) Bég. et Bel. del Nevada (« Plants of Nevada », n. 1461 in Hb. Green. ap. Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 2. — *A. pum. ε rubicundum* (Green.) Bég. et Bel. dello Stato di Washington (« Plants of Washington », n. 1423 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 3. — *A. pum. ϑ xylostaceum* (Green.) Bég. et Bel. della California (« Ex Hb. Geol. Surv. of California », n. 76 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 4. — *A. pum. λ tomentellum* (Green.) Bég. et Bel. del Nevada (Hb. Green. in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. pum. μ rhomboideum* (Green.) Bég. et Bel. della California (Hb. Green. in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 6. — *A. cannabinum* L. *ν puberulum* Bég. et Bel. della Carolina del Nord (« Biltmore Hb. n. 79^{b} » in Hb. gen. Padov.).

Tavola V.

Fig. 1. — *A. cannabinum* L. *δ palustre* (Green.) Bég. et Bel. della California (« Plant of the Pacific Coast », n. 3247 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 2. — *A. cann. ε pubescens* (R. Br.) A. DC. del Kansas (« Plants of Kansas », n. 324 in Hb. Mus. bot. Vindob.).

Fig. 3. — *A. cann. θ album* (Green.) Bég. et Bel. del Maryland (Hb. Green. in Hb. U. S.).

Fig. 4. — *A. cann. ι estellinum* (Green.) Bég. et Bel. del Texas (« Plants of Texas », n. 3873 in in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. cann. κ isophyllum* (Green.) Bég. et Bel. dell'Indiana (Hb. Green. in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 6. — *A. cann. λ Bolandri* (Green.) Bég. et Bel. della California (« Geol. Surv. of California », n. 5034 in Hb. U. S.). Autotipo!

Tavola VI.

Fig. 1. — *Apocynum neogeum* Bég. et Bel. della Pennsylvania (« Plants of Lancaster County » in Hb. Mus. bot. Berol.).

Fig. 2. — *A. arenarium* Greene del Maryland (« Plants of Maryland », n. 173 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 3. — *A. missouriense* Greene del Missouri (« Plants of Missouri », in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 4. — *A. ithacense* Greene dello Stato di New York (in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. nemorale* Mill. della Virginia (in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 6. — *A. Greeneanum* Bég. et Bel. della Virginia (in Hb. U. S.).

Tavola VII.

Fig. 1. — *Apocynum procerum* Greene del Connecticut (Hb. Green. in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 2. — *A. hypericifolium* Ait. *α typicum*. [Riprodotto dall'opera di Jacquin, « Hort. Vind. », III, tab. 66 sub: *A. sibiricum* Jacq.]

Fig. 3. — *A. hyper. β cordigerum* (Green.) Bég. et Bel. del Sud-Dakota (in Hb. U. S.). Autotipo

Fig. 4. — *A. hyper. γ nevadense* (Good.) Bég. et Bel. del Nevada (« Plants of Nevada », n. 986 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. hyper.* ϑ *salignum* (Greene) Bég. et Bel. della California (Hb. Green. in Hb. U. S.) Autotipo!

Fig. 6. — *A. hyper.* η *oblongum* (Greene) Bég. et Bel. della California (« Plants of California », n. 5098 in Hb. U. S.). Autotipo!

Tavola VIII.

Fig. 1. — *Apocynum cannabinum* L. θ *angustifolium* (Woot.) Bég. et Bel. del Nuovo Messico (« Plants of New Messico », n. 1070 in Hb. Mus. Bot. Berol.).

Fig. 2. — *A. medium* Greene della Columbia (Hb. Green. in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 3. — *A. macrophyllum* Bég. et Bel. della New Jersey (in Hb. Mus. Nat. Hung. di Budapest).

Fig. 4. — *A. sarniense* Greene del Canadà (« Plants of Canada », in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. pseudomedium* Bég. et Bel. del Maine (in Hb. Mus. Bot. Berol.).

Fig. 6. — *A. speciosum* Mill. del Maryland (in Hb. U. S.). Autotipo!

Tavola IX.

Fig. 1. — *Apocynum insigne* Greene della Virginia (« Plants of Virginia », in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 2. — *A. lividum* Greene del Colorado (« Plants of West Central Colorado ecc. », n. 372 in Hb. Mus. bot. Berol.).

Fig. 3. — *A. laurinum* Greene del Nuovo Messico (« New Messico, Doña Ana County », n. 113 in Hb. Mus. Bot. Berol.). Autotipo!

Fig. 4. — *A. ciliolatum* Piper dello Stato di Washington (« Washington Flora », n. 542 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 5. — *A. incanum* Greene dell'Oregon (« Southern Oregon Flora », n. 275 in Hb. U. S.). Autotipo!

Fig. 6. — *A. vestitum* Greene della California (« Plants of California », in Hb. Green. ap. Hb. U. S.). Autotipo ! (1).

Tavola X.

1 Foglia di *A. venetum* α *typicum*; 2 Fg. della var. *latifolium*; 3 Fg. della var. *oblongifolium*; 4 Fg. della var. *longifolium*; 5 Fg. della var. *anomalum*; 6 Fg. della var. *microphyllum* 7 Fg. della var. *turkestanicum*; 8 Fg. della var. *ellipticifolium.*

9 Foglia delle forme più tipiche di *A. androsaemifolium.*

10-11 Foglie delle forme latifogliari di *A. cannabinum*; 12 Fg. della var. *album*; 13 Fg. della var. *estellinum*; 14 Fg. della var. *isophyllum.*

15 Foglia di *A. pumilum.*

16-17 Foglia mediana e superiore di *A. hypericifolium* var. *nevadense*; 18-19 Fg. mediana e superiore della var. *oblongifolium*

Tavola XI.

1 Fiore di *Apocynum venetum*; 2 Id. di *A. grandiflorum*; 3-4 Fiori di forme grandiflore e parviflore di *A. cannabinum*; 5 Fiore di *A. Greeneanum*; 6 Id. di *A. androsaemifolium*; 7 Id. di *A. speciosum*; 8 Id. di *A. medium.*

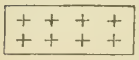
9 Antera di *A. venetum* vista dal lato dorsale; 10 La stessa vista dal lato ventrale.

(1) Le figure delle tav. I-IX sono tutte ridotte di circa $^1/_3$.

11 Sezione longitudinale schematica dell'apparato fiorale e riproduttivo di *A. venetum* in un piano passante tra due stami successivi: *a*) nettario; *b*) squama nettarostegica alternistaminale.
12 Sezione longitudinale schematica dell'apparato fiorale e riproduttivo, in corrispondenza di uno degli stami: *a*) sepalo; *b*) petalo; *c*) stame; *d*) stigma
13 Corolla aperta di *A. venetum* con in fondo le squamette alternistaminali.
14 Fiore di *A. venetum* privo del calice e della corolla e mostrante tre stami e tre ghiandole nettarifere con la sovraincombente squametta.
15 Frutto di *A. venetum α typicum*; 16 Id. della var. *brachycarpum*; 17 Seme di *A. venetum*.
18 Diagramma fiorale del gen. *Apocynum*.

Tavola XII.

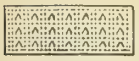
Area geografica delle varie forme di *A. venetum*.



Area geografica di *A. pictum*.

Area geografica di *A. Hendersonii*.

Area geografica delle specie nordamericane del genere a larghissima distribuzione (*A. androsaemifolium*, *A. cannabinum*, *A. hypericifolium* ed *A. lividum*).



Area geografica delle specie accantonate negli Stati del Pacifico (*A. pumilum*, *A. laurinum*, *A. ciliolatum*, *A. incanum* ed *A. vestitum*).

Area geografica delle specie accantonate negli Stati dell'Atlantico (*A. arenarium*, *A. missouriense*, *A. ithacense*, *A. nemorale*, *A. Greeneanum*, *A. procerum*, *A. medium*, *A. macrophyllum*, *A. sarniense*, *A. pseudomedium*, *A. speciosum* ed *A. insigne*).

INDICE

pag.

Prefazione 597
Cenni storico-bibliografici 600

PARTE GENERALE

I. Morfologia esterna ed interna degli organi vegetativi 607
1. Radice e rizoma . . . . . »
2. Fusto 614
3. Foglie 617
4. Infiorescenze 627
II. Fiore e sua morfologia 629
III. Biologia fiorale e della disseminazione 632
IV. Distribuzione geografica e topografica del gen. *Apocynum* 637
V. Cenni sulla filogenesi del gen. *Apocynum* 647

PARTE SPECIALE

Le specie del gen. *Apocynum* dal punto di vista della Sistematica 655

Specie euro-asiatiche.

I. Stirps A. VENETI 657
1. Apocynum venetum L. *α typicum* Bég. et Bel., *β latifolium* Rchb., *γ oblongifolium* Bég. et Bel., *δ longifolium* Bég. et Bel., *ε ellipticifolium* Bég. et Bel., *ϑ anomalum* Bég. et Bel., *η turkestanicum* Bég. et Bel., *θ sceabrum* Bég. et Bel., *ι microphyllum* Bég. et Bel., *κ brachycarpum* Bég. et Bel. 659-667
II. Stirps A. PICTI 667
2. Apocynum pictum Schrenk . . . . . »
3. A. Hendersonii Hook. f. in Hend. et Hume 668

Specie nord-americane.

III. Stirps A. ANDROSAEMIFOLII 669
4. Apocynum androsaemifolium L. *α typicum* Bég. et Bel., *β orbiculatum* (Gr.) Bég. et Bel., *γ puberulum* Bég. et Bel., *δ incanum* Bég. et. Bel., *ε Andrewsii* (Gr.) Bég. et Bel., *ϑ griseum* (Gr.) Bég. et Bel. 670-677
5. A. ambigens Greene *α typicum* Bég. et Bel., *β bicolor* (Mac Gregor) Bég. et Bel. 677-679
6. A. pumilum (Asa Gray) Greene *α typicum* Bég. et Bel., *β cercidium* (Gr.) Bég. et Bel., *γ calophyllum* (Gr.) Bég. et Bel., *δ ovalifolium* (Gr.) Bég. et Bel., *ε rubicundum* (Gr.) Bég. et Bel., *ϑ xylostaceum* (Gr.) Bég. et Bel., *η plumbeum* (Gr.) Bég. et Bel., *θ stenolobium* (Gr.) Bég. et Bel., *ι Milleri* (Brilt.) Bég. et Bel., *κ intermedium* Bég. et Bel, *λ tomentellum* (Gr.) Bég. et Bel., *μ rhomboideum* (Gr.) Bég. et Bel., *ν pulchellum* (Gr.) Bég. et Bel. 681-688

PAG.

IV. **Stirps A. CANNABINI** 689

7. Apocynum cannabinum L. *α typicum* Bég. et Bel., *β puberulum* Bég. et Bel., *γ incanum* Bég. et Bel., *δ palustre* (Gr.) Bég. et Bel., *ε pubescens* (Mitch. ex R. Br.) A. DC., *ϑ oliganthum* (Gr.) Bég. et Bel., *η Suksdorfii* (Gr.) Bég. et Bel., *θ album* (Gr.) Bég. et Bel., *ι estellinum* (Gr.) Bég. et Bel., *ϰ isophyllum* (Gr.) Bég et Bel., *λ Bolandri* (Gr.) Bég. et Bel., *μ floribundum* Bég. et Bel. 689-698

8. A. neogeum Bég. et Bel. 698

9. A. arenarium Greene 699

10. A. missouriense Greene . . . . . »

11. A. ithacense Greene 700

12. A. nemorale Mill. . . . . »

13. A. Greeneanum Bég. et Bel. 701

14. A. procerum Greene . . . . . »

V. **Stirps A. HYPERICIFOLII** 702

15. Apocynum hypericifolium Ait. *α typicum* Bég. et Bel., *β cordigerum* (Gr.) Bég. et Bel., *γ nevadense* (Good.) Bég. et Bel., *δ pseudosuksdorfii* Bég. et Bel., *ε myrianthum* (Gr.) Bég. et Bel., *ϑ salignum* (Gr.) Bég. et Bel., *η oblongum* (Gr.) Bég. et Bel., *θ angustifolium* (Woot.) Bég. et Bel. . 702-710

VI. **Stirps A. MEDII** 711

Specie orientali.

16. Apocynum medium Greene 711

17. A. macrophyllum Bég. et Bel. 713

18. A. sarniense Greene . . . . . »

19. A. pseudomedium Bég. et Bel. 714

20. A. speciosum Mill. . . . . »

21. A. insigne Greene 715

Specie occidentali ed orientali.

22. A. lividum Greene, *α typicum* Bég. et Bel., *β texanum* Bég. et Bel., *γ Elmeri* (Gr.) Bég. et Bel., *δ vacillans* (Gr.) Bég. et Bel., *ε convallarium* (Gr.) Bég. et Bel., *ϑ floribundum* (Gr.) Bég. et Bel., *η abditum* (Gr.) Bég et Bel., *θ viarum* (Heller) Bég. et Bel. 715-719

Specie occidentali.

23. Apocynum laurinum Greene 719

24. A. ciliolatum Piper 720

25. A. incanum Greene . . . . . »

26. A. vestitum Greene 721

Bibliografia 723

Fig

Fig.

Fig. 1

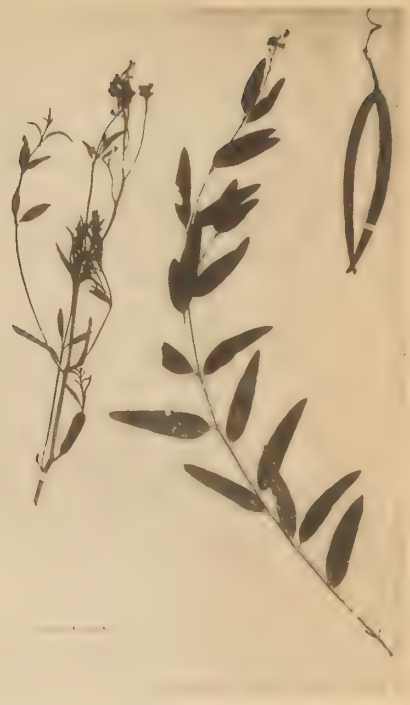


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

Meum botanicum Berolinense.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

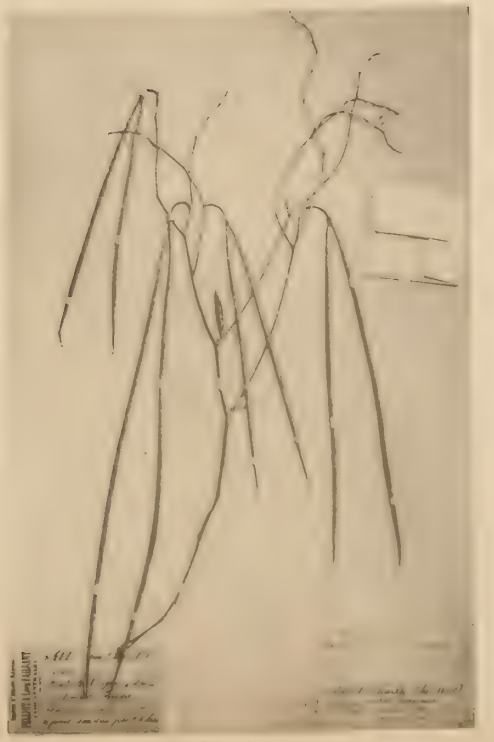


Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

Fig.

Fig. 1

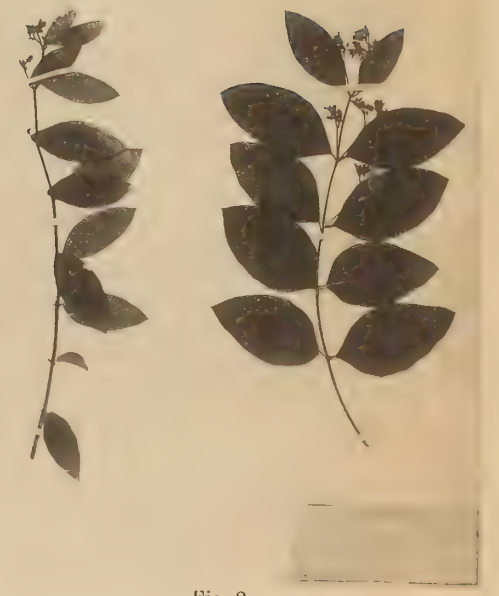


Fig. 2

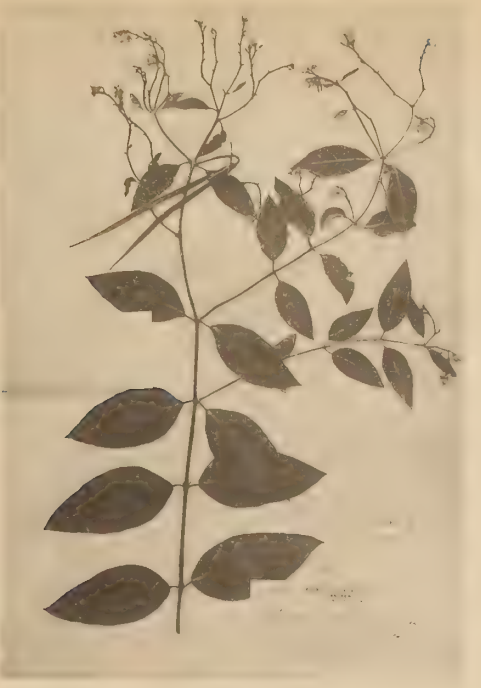


Fig. 3

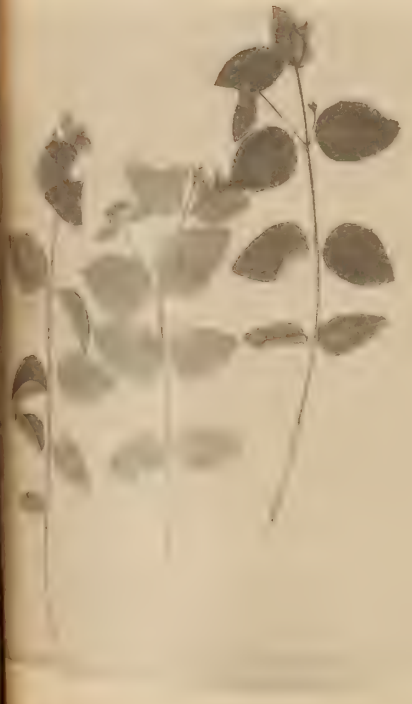


Fig. 4

Fig. 5

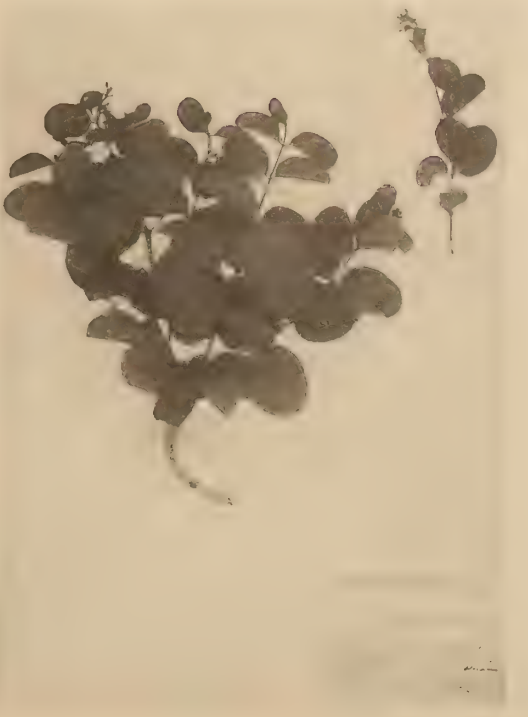


Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

F

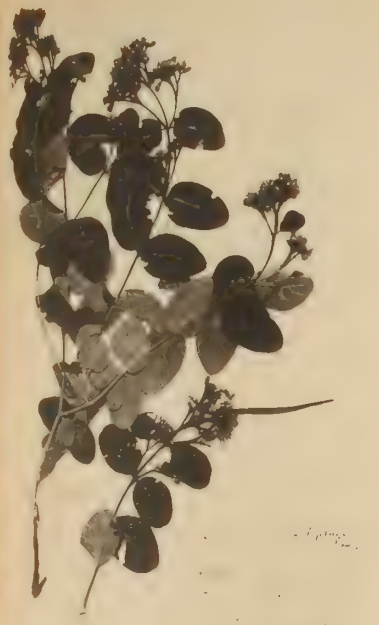


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

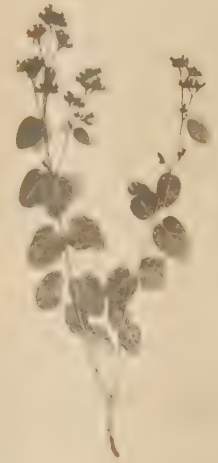


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

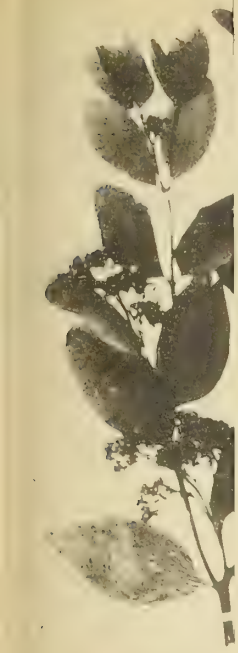


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

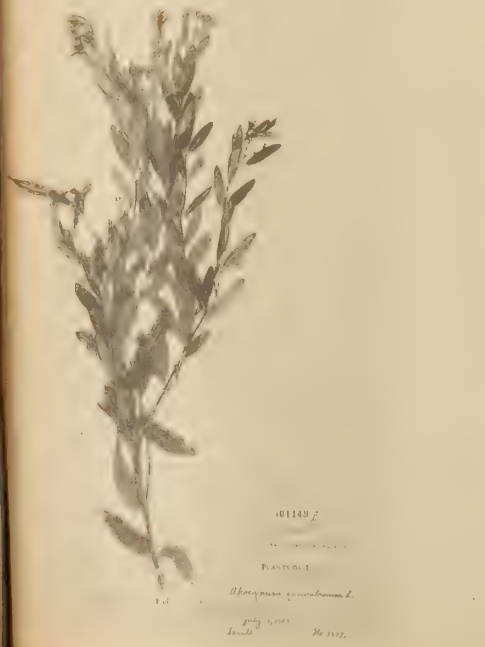
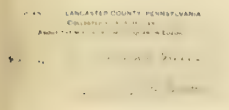


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze



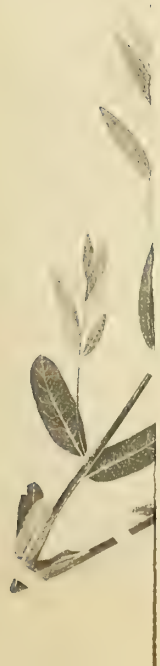


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

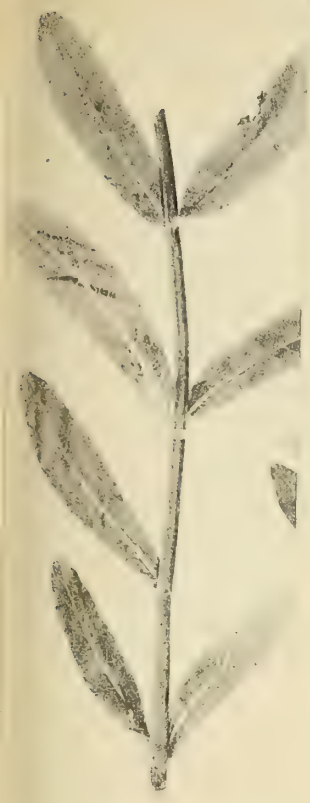


Fig.

Fig.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

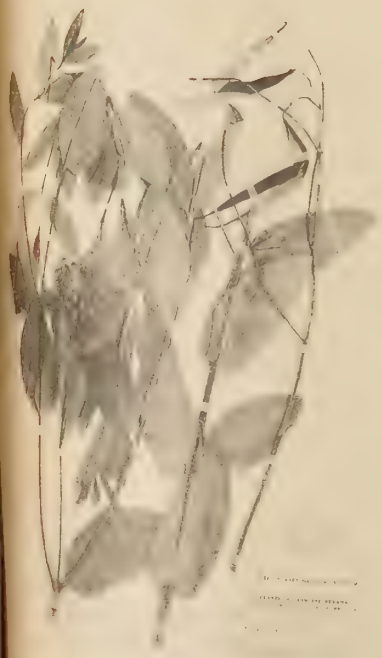


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

Fig. 1

Fig.

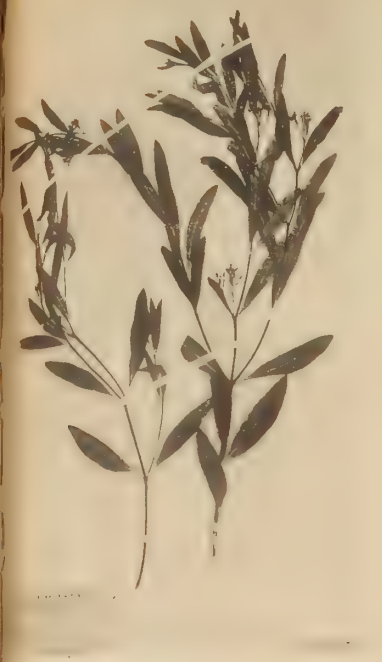


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

Fig

Fig. 1

Fig. 2

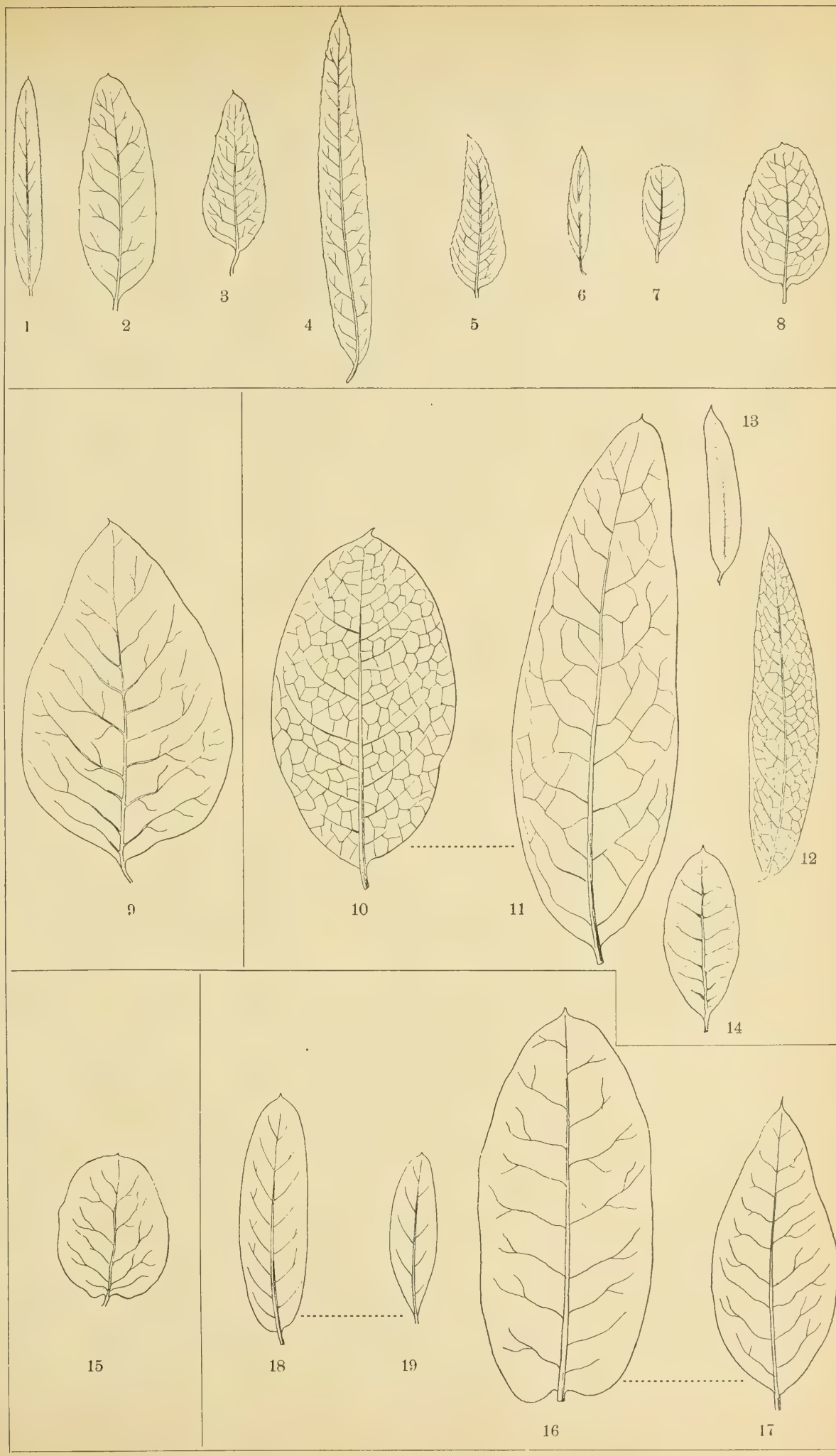
Fig. 3

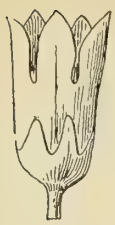
Fig. 4

Fig. 5

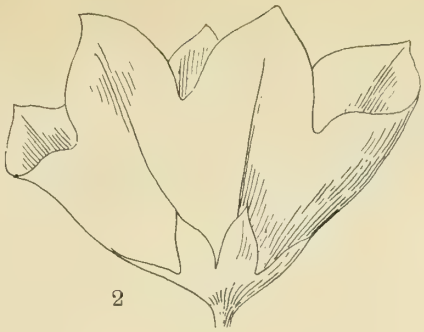
Fig. 6

Istituto Micrografico Italiano - Firenze

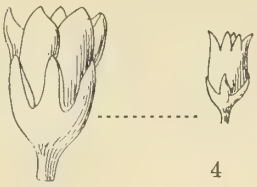

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19



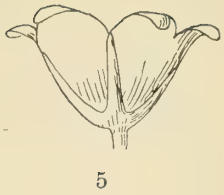
1



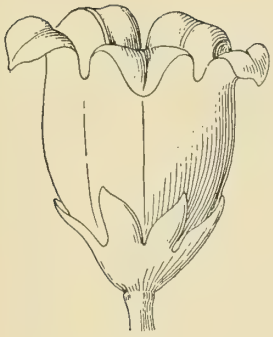
2



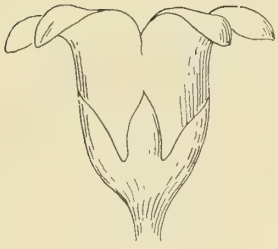
3 4



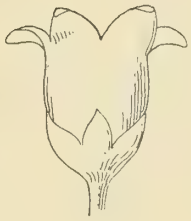
5



6



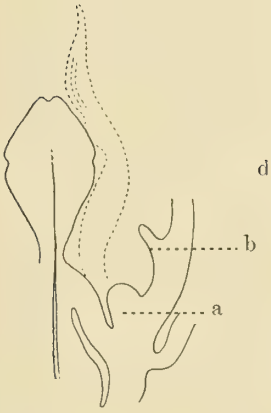
7



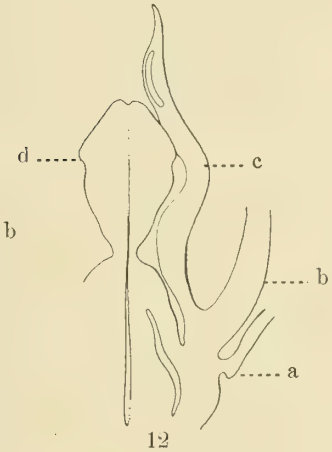
8

9

10

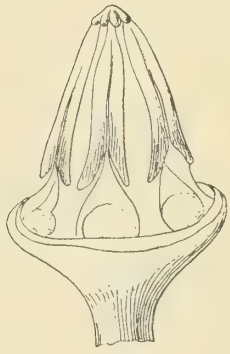


11



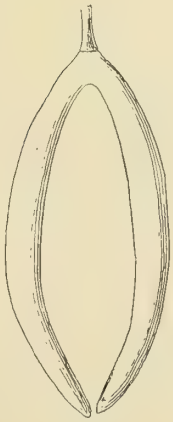
12

13

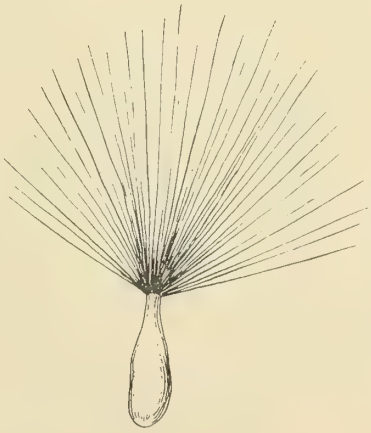


14

15



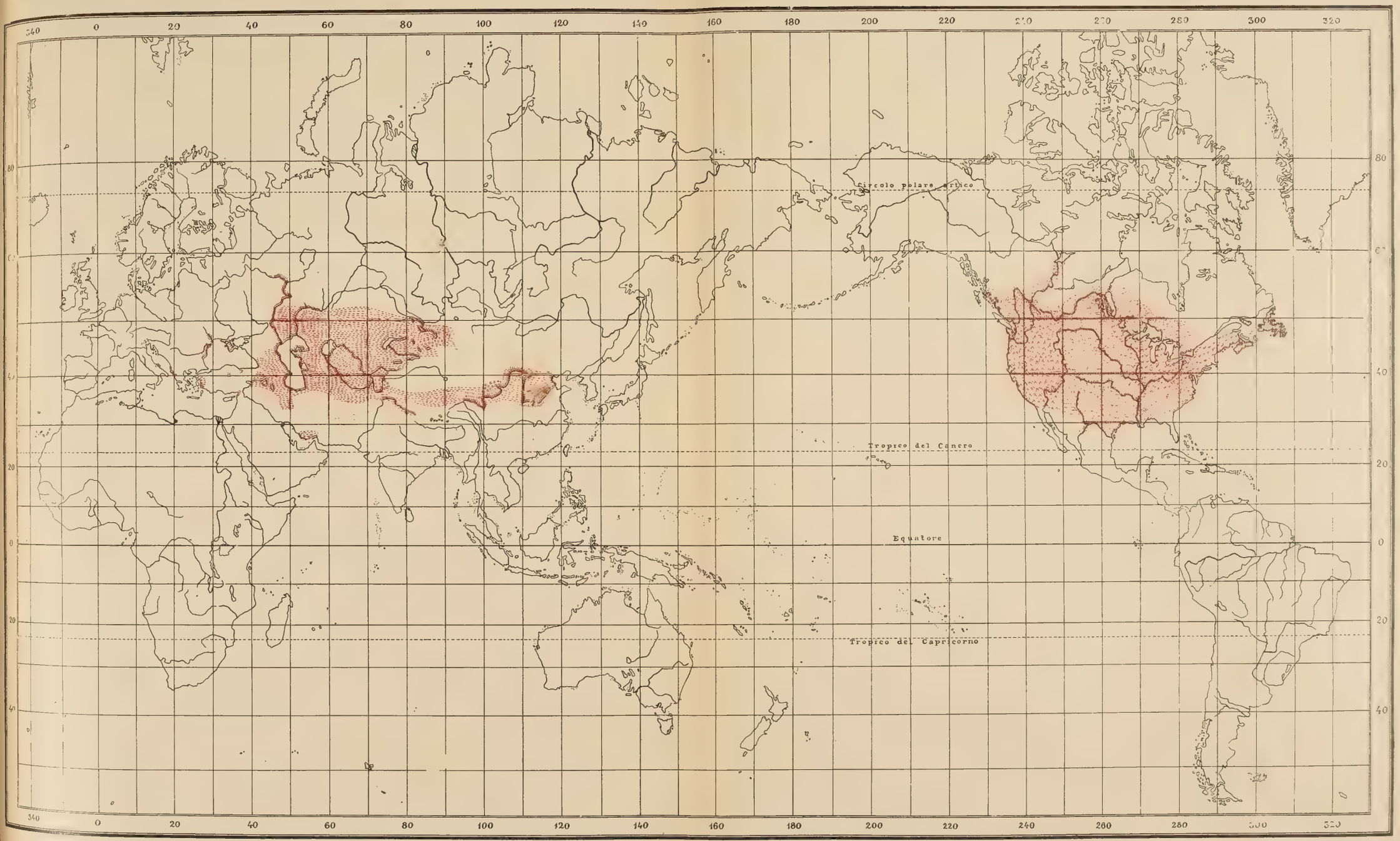
16



17

18

A. Béguinot e N. Belosersky, Revisione monografica ecc.



Istituto Microgràfico Italiano - Firenze

Nuove ricerche sulla materia allo stato sopraffuso.

Memoria del Socio R. NASINI e di U. BRESCIANI

presentata all'Accademia durante le ferie del 1913

(con due tavole)

I.

Esperienze di raffreddamento.

Come avemmo occasione di annunziare nella nostra precedente Memoria su questo argomento (1), abbiamo ripreso le ricerche sul modo di raffreddarsi dello solfo sovraffuso, estendendo l'esame ad un più vasto campo di temperatura ed operando in migliori condizioni di esperienza. Inoltre volemmo esaminare alcune altre sostanze che avevamo dovuto da prima lasciare da parte, per non averle ottenute ad un sufficiente grado di purezza, e che adesso si è cercato con ogni cura di liberare dalle sostanze estranee. Abbiamo poi ripetuto le determinazioni relative al tiosolfato sodico, adoperando un prodotto assai più puro di quello adoperato prima, e quindi fondente più alto. Ciò è stato fatto anche per avvicinarci maggiormente a quelle temperature alle quali il Bruner (2) e lo Gnesotto (3) trovano per questo corpo un massimo nel calore specifico, e vedere se ivi esistessero anomalie nel raffreddamento.

Di tutte queste esperienze rendiamo conto nel presente lavoro, e diamo per ogni sostanza le tabelle dei valori ottenuti e le curve.

Per il raffreddamento dello solfo abbiamo fatto uso dell'apparecchio già descritto nell'antecedente lavoro: con la differenza che, invece di un bagno ad olio intorno alla provetta contenente il liquido, si è lasciato un mantello d'aria, allo scopo di ottenere una minore velocità di raffreddamento.

(1) Reale Accademia dei Lincei (Memorie), vol. IX, serie 5ª, an. 1912, pag. 341.

(2) L. Bruner, Comptes Rendus, 121, an. 1895, pag. 60.

(3) T. Gnesotto e G. Zanetti, R. Ist. Veneto, tomo LXII, (1902-903), parte I, pag. 11377.

Per la purificazione della sostanza, fu trattato lo solfo commerciale (fiori di solfo) con acqua calda fino a completo lavaggio; e, dopo prosciugamento, con una quantità piuttosto grande di solfuro di carbonio. La soluzione, filtrata, fu svaporata e fatta cristallizzare a bassa temperatura. I cristalli ottenuti furono poi polverizzati e tenuti 24 ore in istufa a temperatura di poco inferiore a 90°. Ottenemmo, in tal modo, circa gr. 160 di solfo rombico. Il punto di congelamento fu così determinato: riscaldammo assai rapidamente in provetta (munita di termometro) una certa quantità della sostanza fino a 129°; e la introducemmo poi in termostato a 100°. Lo solfo si mantenne liquido e limpido fin verso 103°, alla qual temperatura provocammo per iscuotimento la cristallizzazione. Questa fu rapidissima e il termometro salì subito a 114°, ove per lungo tempo rimase costante.

Le esperienze di raffreddamento furono eseguite nel modo comune e in quello che ormai chiameremo, senz'altro, differenziale; adoperammo un termometro di Beckmann quando ci contentammo di osservare l'andamento del fenomeno in un piccolo intervallo di temperatura; e, quando volemmo operare in limiti di temperatura più vasti, un buon termometro in gradi, apprezzando i decimi con l'aiuto di una lente.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati delle nostre osservazioni:

Tabella I.

Raffreddamento del solfo.

(Punto di congelamento a 114°) — Termometro di Beckmann.

Sostanza gr. 40 — Riscaldamento in bagno d'olio a 130° — Liquido limpido — Il raffreddamento avviene in termostato a circolazione di vapor d'acqua — Nello spazio in cui è immersa la provetta si trova aria — La temperatura di questo spazio (chiuso) durante l'esperienza è 100°.

Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)
117,2 - 117,1	4	115,1 - 115,0	4,2	113,0 - 112,9	5,6
117,1 - 117,0	4	115,0 - 114,9	4,4	112,9 - 112,8	5,6
117,0 - 116,9	4	114,9 - 114,8	4,45	112,8 - 112,7	5,6
116,9 - 116,8	4	114,8 - 114,7	4,5	112,7 - 112,6	5,6
116,8 - 116,7	4	114,7 - 114,6	4,55	112,6 - 112,5	5,6
116,7 - 116,6	4	114,6 - 114,5	4,6	112,5 - 112,4	5,65
116,6 - 116,5	4	114,5 - 114,4	4,65	112,4 - 112,3	5,7
116,5 - 116,4	4	114,4 - 114,3	4,7	112,3 - 112,2	5,75
116,4 - 116,3	4	114,3 - 114,2	4,75	112,2 - 112,1	5,8
116,3 - 116,2	4	114,2 - 114,1	4,8	112,1 - 112,0	5,75
116,2 - 116,1	4	114,1 - 114,0	4,8	112,0 - 111,9	5,7
116,1 - 116,0	4	114,0 - 113,9	4,8	111,9 - 111,8	5,65
116,0 - 115,9	4	113,9 - 113,8	4,8	111,8 - 111,7	5,6
115,9 - 115,8	4	113,8 - 113,7	4,8	111,7 - 111,6	5,7
115,8 - 115,7	4	113,7 - 113,6	4,85	111,6 - 111,5	5,8
115,7 - 115,6	4	113,6 - 113,5	4,9	111,5 - 111,4	5,9
115,6 - 115,5	4	113,5 - 113,4	4,95	111,4 - 111,3	6
115,5 - 115,4	4,1	113,4 - 113,3	5	111,3 - 111,2	6,1
115,4 - 115,3	4,2	113,3 - 113,2	5,1	111,2 - 111,1	6,2
115,3 - 115,2	4,1	113,2 - 113,1	5,2		
115,2 - 115,1	4	113,1 - 113,0	5,4		

Tabella II.

Raffreddamento del solfo.

Termometro di Beckmann.

Vedere le indicazioni date nella tabella precedente.

Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura
0	117,10	1,45	114,40	3,30	112,15
0,15	116,66	2	114,02	3,45	111,83
0,30	116,28	2,15	113,70	4	111,55
0,45	115,90	2,30	113,40	4,15	111,24
1	115,50	2,45	113,10	4,30	111.04
1,15	115,15	3	112,75		
1,30	114,77	3,15	112,40		

Tabella III.

Raffreddamento del solfo.

Termometro centigrado in gradi.

Vedere le indicazioni date nella tabella I.

Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura
0	126,2	6	113,4	12	106,8
0,30	124,8	6,30	112,6	12,30	106,4
1	123,4	7	111,9	13	106,1
1.30	122	7,30	111,2	13,30	105,8
2	120.8	8	110,7	14	105,5
2,30	119,8	8,30	110,2	14,30	105,2
3	118,7	9	109,8	15	104,9
3,30	117,6	9,30	109,2	15,30	104,6
4	116,7	10	108,6	16	104,3
4,30	115,8	10,30	108,1	16,30	104
5	115	11	107,7		
5,30	114,2	11,30	107,2		

La curva relativa alla tabella I è quella della fig. 1 nella tavola I. Essa, come si vede, non presenta una anomalia netta per il tempo nel luogo corrispondente alla temperatura del punto di congelamento del corpo; solo mostra, da 115° in poi, un evidente cambiamento di direzione. L'andamento serpeggiante è certo dovuto ad errori di osservazione nella misura del tempo, errori che più facilmente si commettono quando è rapidissimo il passaggio del mercurio della colonna attraverso le linee di divisione nella scala termometrica, e che acquistano un grande rilievo nelle esperienze differenziali, specialmente quando i tempi impiegati a percorrere le successive divisioni del termometro sono, come in questo caso, piccoli (lo solfo ha, infatti, una grande velocità di raffreddamento), e piccole risultano le differenze nei tempi occorrenti a percorrere le singole divisioni. Ciò conferma quanto dicevamo nella precedente Memoria, sul pericolo che possono presentare le determinazioni differenziali. Non abbiamo, d'altra parte creduto opportuno far diminuire ancora la velocità di raffreddamento dello solfo, ossia, praticamente, avvicinare la temperatura del termostato a quella iniziale del liquido, tanto per mantenerci nelle condizioni di esperienza in generale adottate, quanto anche perchè, come già ebbe a notare il Moreschini, abbiamo osservato che, quando la temperatura del corpo è vicinissima a quella dell'ambiente, le determinazioni si fanno con molta incertezza, essendo troppo lenta l'irradiazione del calore, e quindi assai malagevole la misura della velocità della colonna termometrica. Le esperienze delle tabelle II e III sono graficamente rappresentate nelle figure 1 e 2 della tavola II. Queste curve hanno un andamento assai regolare; così che dal complesso delle determinazioni risulterebbe che nessuna spiccata anomalia presenta lo solfo liquido al suo punto di congelamento.

Le altre sostanze, del cui modo di raffreddarsi rendiamo conto, sono il trifenilmetano ed il trimetilcarbinolo. Ambedue questi corpi provenivano da C. A. F. Kahlbaum e furono accuratamente purificati, il primo per ripetute soluzioni in alcool bollente e successive cristallizzazioni, il secondo per cristallizzazione a bassa temperatura e decantazione della parte non cristallizzabile. Il punto di fusione del trifenilmetano, determinato in tubicino capillare, è stato trovato a 90°,4; il punto di congelamento, determinato in provetta riscaldandovi la sostanza a 130° circa, e lasciando raffreddare in ambiente a temperatura di 60°, finchè (dopo la sopraffusione, che si può prolungare di solito fin oltre a 75°) avvenga la cristallizzazione spontanea, giace invece a 87°,8. Forse in tali condizioni la cristallizzazione è troppo lenta perchè il termometro possa risalire al punto di fusione.

Il punto di congelamento osservato per il trimetilcarbinolo, è 23°,4.

Riportiamo, nelle seguenti tabelle, alcune delle esperienze di raffreddamento eseguite sulle due sostanze, esperienze fatte con le solite ed ormai note modalità, e sempre in un intervallo di temperatura comprendente lo stato di fusione e di sopraffusione del corpo.

TABELLA IV.

Raffreddamento del trifenilmetano.

(Punto di fusione 90°,4) — Termometro di Beckmann.

Sostanza gr. 15 circa — Riscaldamento a 130°, in un sistema di due provette: una col liquido, l'altra contenente aria. Per il raffreddamento si immerge l'apparecchio in un bagno d'olio mantenuto a 70°. Sopraffusione perfetta.

TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)
93,6 - 93,5	8,2	91,5 - 91,4	8,3	89,4 - 89,3	8,4
93,5 - 93,4	8,2	91,4 - 91,3	8,2	89,3 - 89,2	8,4
93,4 - 93,3	8,2	91,3 - 91,2	8,2	89,2 - 89,1	8,4
93,3 - 93,2	8,2	91,2 - 91,1	8,2	89,1 - 89,0	8,4
93,2 - 93,1	8,2	91,1 - 91,0	8,2	89,0 - 88,9	8,4
93,1 - 93,0	8,2	91,0 - 90,9	8,2	88,9 - 88,8	8,4
93,0 - 92,9	8,2	90,9 - 90,8	8,2	88,8 - 88,7	8,4
92,9 - 92,8	8,2	90,8 - 90,7	8,2	88,7 - 88,6	8,5
92,8 - 92,7	8,2	90,7 - 90,6	8,2	88,6 - 88,5	8,6
92,7 - 92,6	8,2	90,6 - 90,5	8,2	88,5 - 88,4	8,7
92,6 - 92,5	8,2	90,5 - 90,4	8,3	88,4 - 88,3	8,8
92,5 - 92,4	8,2	90,4 - 90,3	8,4	88,3 - 88,2	8,8
92,4 - 92,3	8,2	90,3 - 90,2	8,4	88,2 - 88,1	8,8
92,3 - 92,2	8,2	90,2 - 90,1	8,4	88,1 - 88,0	8,8
92,2 - 92,1	8,2	90,1 - 90,0	8,4	88,0 - 87,9	8,8
92,1 - 92,0	8,2	90,0 - 89,9	8,4	87,9 - 87,8	8,9
92,0 - 91,9	8,2	89,9 - 89,8	8,4	87,8 - 87,7	9
91,9 - 91,8	8,2	89,8 - 89,7	8,4	87,7 - 87,6	9,1
91,8 - 91,7	8,2	89,7 - 89,6	8,4	87,6 - 87,5	9,2
91,7 - 91,6	8,3	89,6 - 89,5	8,4		
91,6 - 91,5	8,4	89,5 - 89,4	8,4		

TABELLA V.

Raffreddamento del trifenilmetano.

Termometro di Beckmann — Il bagno d'olio è mantenuto a 80°.

Per le altre indicazioni vedere la tabella precedente.

TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)
91,7 - 91,6	9	89,7 - 89,6	14	87,7 - 87,6	22
91,6 - 91,5	9,2	89,6 - 89,5	14,3	87,6 - 87,5	22,6
91,5 - 91,4	9,4	89,5 - 89,4	14,6	87,5 - 87,4	23,2
91,4 - 91,3	9,6	89,4 - 89,3	14,9	87,4 - 87,3	23,8
91,3 - 91,2	9,8	89,3 - 89,2	15,2	87,3 - 87,2	24,4
91,2 - 91,1	10,2	89,2 - 89,1	15,6	87,2 - 87,1	25
91,1 - 91,0	10,6	89,1 - 89,0	16	87,1 - 87,0	25,6
91,0 - 90,9	10,8	89,0 - 88,9	16,5	87,0 - 86,9	26
90,9 - 90,8	11	88,9 - 88,8	17	86,9 - 86,8	26,4
90,8 - 90,7	11,3	88,8 - 88,7	17,4	86,8 - 86,7	27
90,7 - 90,6	11,6	88,7 - 88,6	17,8	86,7 - 86,6	27,6
90,6 - 90,5	11,8	88,6 - 88,5	18,2	86,6 - 86,5	28,2
90,5 - 90,4	12	88,5 - 88,4	18,6	86,5 - 86,4	28,8
90,4 - 90,3	12,2	88,4 - 88,3	19	86,4 - 86,3	29,3
90,3 - 90,2	12,4	88,3 - 88,2	19,4	86,3 - 86,2	29,8
90,2 - 90,1	12,7	88,2 - 88,1	19,9	86,2 - 86,1	30,4
90,1 - 90,0	13	88,1 - 88,0	20,4	86,1 - 86,0	31
90,0 - 89,9	13,2	88,0 - 87,9	20,7	86,0 - 85,9	31,6
89,9 - 89,8	13,4	87,9 - 87,8	21	85,9 - 85,8	32,2
89,8 - 89,7	13,7	87,8 - 87,7	21,5		

TABELLA VI.

Raffreddamento del trifenilmetano.

Termometro centigrado in gradi — Il bagno d'olio è mantenuto a 70°.

Per le altre indicazioni vedere la tabella precedente.

TEMPO (in minuti)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti)	TEMPERATURA
0	109,9	8,30	97	17	86,4
0,30	109	9	96,3	17,30	85,9
1	108,2	9,30	95,6	18	85,3
1,30	107,4	10	95	18,30	84,9
2	106,6	10,30	94,3	19	84,3
2,30	105,9	11	93,6	19,30	83,8
3	105,1	11,30	92,9	20	83,3
3,30	104,3	12	92,2	20,30	82,9
4	103,5	12,30	91,7	21	82,5
4,30	102,8	13	91,1	21,30	82
5	102	13,30	90,5	22	81,6
5,30	101,2	14	90	22,30	81,1
6	100,5	14,30	89,4	23	80,6
6,30	99,9	15	88,8	23,30	80,1
7	99,2	15,30	88,2	24	79,7
7,30	98,4	16	87,5	24,30	79,3
8	97,7	16,30	86,9	25	78,9

TABELLA VII.

Raffreddamento del trimetilcarbinolo.

(Punto di congelamento 23°,4) — Termometro di Beckmann.

Sostanza gr. 20 circa — Riscaldamento a 32°, in un sistema di due provette: una col liquido, l'altra contenente aria. Per il raffreddamento, si immerge l'apparecchio in un bagno d'acqua mantenuto a temperatura ambiente, 16°. Sopraffusione perfetta.

TEMPERRATURA	TEMPO (in minuti sec.)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec)	TEMPERATURA	TEMPO (in minuti sec.)
26,1 - 26,0	17	25,4 - 25,3	19,4	24,7 - 24,6	22
26,0 - 25,9	17,4	25,3 - 25,2	19,8	24,6 - 24,5	22,5
25,9 - 25,8	17,8	25,2 - 25,1	20,2	24,5 - 24,4	23
25,8 - 25,7	18,1	25,1 - 25,0	20,6	24,4 - 24,3	23,5
25,7 - 25,6	18,4	25,0 - 24,9	20,9	24,3 - 24,2	24
25,6 - 25,5	18,7	24,9 - 24,8	21,2	24,2 - 24,1	24,5
25,5 - 25,4	19	24,8 - 24,7	21,6	24,1 - 24,0	25

Tabella VII. (*seguito*)

Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)
24,0 - 23,9	25.6	23,2 - 23,1	30,5	22,4 - 22,3	36,3
23,9 - 23,8	26,2	23,1 - 23,0	31,2	22,3 - 22,2	37
23,8 - 23,7	26,8	23,0 - 22,9	31,9	22,2 - 22,1	37,7
23,7 - 23,6	27,4	22,9 - 22,8	32,6	22,1 - 22,0	38,4
23,6 - 23,5	28	22,8 - 22,7	33,3	22,0 - 21.9	39,2
23,5 - 23,4	28,6	22,7 - 22,6	34	21,9 - 21,8	40
23,4 - 23,3	29,2	22,6 - 22,5	34,8		
23,3 - 23,2	29.8	22,5 - 22,4	35,6		

Tabella VIII.

Raffreddamento del trimetilcarbinolo.

Termometro centigrado in decimi di grado.

Vedere le indicazioni date nella tabella precedente.

Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatuea
0	31,5	10	27,6	20	24,58
0,30	31,35	10,30	27,45	20,30	24,48
1	31,15	11	27,28	21	24,35
1,30	30,95	11,30	27,1	21.30	24,23
2	30,75	12	26,95	22	24,1
2,30	30,55	12,30	26,7	22,30	24
3	30,35	13	26,55	23	23,9
3,30	30,15	13,30	26,4	23,30	23,8
4	29,95	14	26,23	24	23,7
4,30	29,75	14,30	26,1	24,30	23,6
5	29,5	15	25,92	25	23,5
5,30	29 3	15,30	25,87	25,30	23,4
6	29,1	16	25,65	26	23,3
6.30	28,9	16,30	25,5	26,30	23,2
7	28,7	17	25,37	27	23,1
7.30	28.5	17,30	25,21	27,30	23
8	28,33	18	25,1	28	22.9
8,30	28,15	18,30	24,98	28,30	22,8
9	27,98	19	24,85	29	22,71
9,30	27,8	19,30	24,7	29,30	22,63

Tabella VIII. (*seguito*)

Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura	Tempo (in minuti)	Temperatura
30,30	22,48	38,30	21,28	46,30	20,5
31	22,4	39	21,32	47	20,45
31,30	22,32	39,30	21,25	47,30	20,4
32	22,25	40	21,2	48	20,35
32,30	22,17	40,30	21,15	48,30	20,31
33	22,1	41	21,09	49	20,27
33,30	22,02	41,30	21,03	49,30	20,24
34	21,95	42	20,97	50	20,2
34,30	21,90	42,30	20,9	50,30	20,17
35	21,8	43	20,84	51	20,14
35,30	21,73	43,30	20,79	51,30	20,1
36	21,65	44	20,74	52	20,07
36,30	21,6	44,30	20,7	52,30	20,03
37	21,55	45	20 65	53	20
37,30	21,5	45,30	20,6	53,30	19,96
38	21,44	46	20,55		

Le curve che si riferiscono alle tabelle IV, V e VII sono rispettivamente rappresentate nelle figure 2, 3 e 4 della tavola I. L'andamento della curva 2 appare così diverso da quello della curva 3, non ostante che ambedue si riferiscano alla medesima sostanza, perchè molto differente era nelle due esperienze la velocità del raffreddamento: differenza di velocità dovuta al diverso dislivello fra la temperatura dell'ambiente e quella del liquido raffreddantesi. Abbiamo così voluto operare e riportare ambedue le curve, più che altro per far vedere, con un esempio, quale diversità di resultati si possono avere nelle esperienze di raffreddamento (e specialmente in quelle differenziali) a seconda delle condizioni in cui lo sperimentatore si pone. È però importante a notarsi che le dette curve hanno, del resto, andamento assai regolare, e non presentano in alcun punto salti bruschi del genere di quello dovuto al fenomeno Moreschini, ben inteso non tenendo conto di certe deviazioni che si può e si deve ammettere rientrino negli errori di esperienza; nella curva della figura 2 (velocità di raffreddamento assai grande e mantenentesi quasi costante per tutta la durata della determinazione) questi errori sono, per le ragioni già esposte, più manifesti.

È quindi da preferirsi a parer nostro, in via generale, in cosiffatte esperienze, una velocità di raffreddamento piccola ad una grande: ossia un piccolo dislivello fra la temperatura del liquido e quella dell'ambiente; ma bisogna aver l'avvertenza di non eccedere troppo neppure in tal senso, ossia di non fare questo dislivello addirittura piccolissimo: altrimenti, per altre ragioni, già del resto esposte dal Moreschini e da noi, si possono commettere errori egualmente grandi se non forse maggiori.

Le curve delle figure 3 e 4 nella tavola II si riferiscono alle esperienze i cui dati sono inscritti nelle tabelle VI ed VIII, e tanto l'una quanto l'altra hanno decorso normale, A meno di più fini indagini, il fenomeno Moreschini al punto di fusione sembrerebbe dunque da escludersi anche per il trifenilmetano ed il trimetilcarbinolo. Qualche accenno ad anomalie si avrebbero per il trifenilmetano in vicinanza del punto di congelamento, 87°,8.

Il tiosolfato sodico adoperato per queste nuove esperienze di raffreddamento proveniva da C. Erba e fu da noi purificato facendolo più volte cristallizzare a temperatura ambiente (14° circa) dalla sua soluzione satura a caldo. Il suo punto di fusione, ripetutamente determinato in tubicino capillare, è stato trovato a 48°,5; il punto di congelamento, ossia il massimo a cui risale e si ferma la colonna del mercurio del termometro provocando la cristallizzazione dopo aver lasciato sopraffondere il corpo sino a bassa temperatura, osservato in provetta con una quantità piuttosto grande di sostanza (circa 80 grammi), si trova a 48°,1.

Determinammo anche nel nostro sale l'acqua di cristallizzazione, con i seguenti resultati:

I. Sostanza grammi 2,8457.

Perdita di peso a 150°-160°: grammi 1,0375.
H_2O per grammo-molecola ($Na_2S_2O_3 , 5\,H_2O = 248$), calc. 90,00, trov. 90,42.

II. Sostanza grammi 3,2877.

Perdita di peso a 150°-160°: grammi 1,1990.
H_2O per grammo-molecola ——— , trov. 90,44.

Riscaldato ulteriormente, il sale comincia a decomporsi, e a 190° tramanda già forte odore di anidride solforosa. Come si vede da queste determinazioni (e il fatto che il punto di fusione risulta troppo basso di qualche decimo di grado [1]) ce ne dava, del resto, un primo indizio), il nostro sale conteneva ancora una piccolissima percentuale di umidità, non ostante le cure prese nel renderlo esternamente asciutto. Ma una così tenue quantità di sostanza estranea è, in questo genere di esperienze, praticamente trascurabile.

Riportiamo nella seguente tabella i dati di una delle numerose determinazioni differenziali eseguite. La sopraffusione fu sempre perfetta, e si prolungava, volendo, anche alla temperatura ambiente (14°).

(1) Lo Guesotto dà come punto di fusione del tiosolfato sodico idrato 48°,8,

Tabella IX.

Raffreddamento del tiosolfato sodico.

(Punto di congelamento 48°,1).

Sostanza gr. 90 — Riscaldata a 80° circa e subito versata in una provetta di Dewar tenuta in un largo vaso pieno di ghiaccio fondente.

Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)	Temperatura	Tempo (in minuti sec.)
51,5 - 51,4	11,4	49,4 - 49,3	11,8	47,3 - 47,2	12,2
51,4 - 51,3	11,4	49,3 - 49,2	11,8	47,2 - 47,1	12.2
51,3 - 51,2	11,4	49,2 - 49,1	11,8	47,1 - 47,0	12,2
51,2 - 51,1	11,4	49,1 - 49,0	11,8	47,0 - 46,9	12,2
51,1 - 51,0	11,4	49,0 48,9	11,8	46,9 - 46,8	12,2
51,0 - 50,9	11,5	48,9 - 48,8	11,8	46,8 - 46,7	12,2
50,9 - 50,8	11,6	48,8 - 48,7	11,8	46,7 - 46,6	12,2
50,8 - 50,7	11,7	48,7 - 48,6	11,8	46 6 - 46,5	12,2
50,7 50,6	11,8	48,6 - 48,5	11,8	46,5 - 46,4	12,2
50,6 - 50,5	11,8	48,5 - 48,4	11,8	46,4 - 46,3	12,3
50,5 - 50,4	11,8	48,4 - 48,3	11,8	46,3 - 46,2	12,4
50,4 - 50,3	11,8	48,3 - 48,2	11,8	46,2 - 46,1	12 4
50,3 - 50,2	11,8	48.2 - 48,1	11,8	46.1 - 46,0	12,4
50,2 - 50,1	11,8	48,1 - 48,0	11,8	46,0 - 45,9	12.4
50,1 - 50,0	11,8	48,0 - 47,9	11,85	45,9 - 45,8	12,4
50,0 - 49,9	11,8	47,9 - 47,8	11,9	45,8 - 45,7	12,5
49,9 - 48,8	11,8	47,8 - 47,7	11,95	45,7 - 45,6	12,6
49,8 - 49,7	11,8	47,7 - 47,6	12	45,6 - 45,5	12 6
49,7 - 49,6	11,8	47,6 - 47,5	12	45,5 - 45,4	12,6
49,6 - 49,5	11,8	47,5 - 47,4	12		
49,5 - 49,4	11,8	47,4 - 47,3	12,1		

La curva che si riferisce ai dati della tabella IX è quella della figura 5 nella tavola I. Nemmeno in questo caso abbiamo da registrare anomalie notevoli nell'andamento del fenomeno. Il raffreddamento avviene con sufficiente regolarità attraverso la temperatura del punto di fusione (e di congelamento) della sostanza. La temperatura alla quale il Bruner (1) trovò, per il tiosolfato sodico idrato, un massimo nel calore specifico, è, secondo i dati riferiti nel citato lavoro, 47°; e quindi resta compresa nei limiti della nostra esperienza. Il fatto di trovare un andamento normale nel raffreddamento là dove si ha invece una forte anomalia nel calore specifico (e si noti, una anomalia che farebbe appunto prevedere un corrispondente rallentamento di temperatura) lascia ancora insoluta la questione se questo disaccordo, che parrebbe certo dovere essere solo apparente, debba addebitarsi a troppa disparità nella finezza dei metodi adoperati per le differenti misure o abbia la sua ragion d'essere in cause non ancora indagate.

Per mettere le cose in chiaro relativamente alla questione suddetta, ecco quali sono i fatti accertati allo stato attuale delle nostre ricerche. Noi troviamo nel raffreddamento del timolo il fenomeno Moreschini, il rallentamento di temperatura; e il Bruner riscontra per questo corpo, sebbene a temperatura più alta, un massimo nel calore specifico. Lo stesso Bruner trova per il tiosolfato sodico alla temperatura di fusione una simile anomalia nel calore specifico, e noi troviamo per esso un andamento affatto normale nel raffreddamento. Non ci sembra che il disaccordo possa dipendere dalla grandezza dell'anomalia, perchè la differenza fra i valori anomali e quelli normali nel calore specifico è dello stesso ordine di grandezza nelle due sostanze, e quindi ci pare che dello stesso ordine (e perciò osservabile con ugual facilità, mettendosi nelle medesime condizioni) dovrebbe essere, sempre parlando delle due suddette sostanze, l'anomalia nel raffreddamento. Anche la velocità che i due corpi dispiegano nel raffreddarsi è presso a poco la stessa, anzi un po' minore per il tiosolfato sodico (2), pel quale dunque il rallentamento, se esistesse, dovrebbe venir più agevolmente osservato.

(1) loco citato.

(2) Si voglia calcolare, ad esempio, il tempo che impiegherebbero il timolo ed il tiosolfato sodico per raffreddarsi da 48° a 47°,9, per una temperatura dell'ambiente = 36°. La formula da adoperarsi è quella che dànno Nernst e Schoenflies a pag. 149 e seguenti del loro *Mathematische Behandlung* ecc., formula che ha per base l'ipotesi di Newton sul modo in cui un corpo caldo cede il suo calore all'ambiente, e che ha la seguente espressione:

$$t = \frac{mc}{k} ln \frac{\theta_1 - \theta_0}{\theta - \theta_0}.$$

Prendendo per i due liquidi una egual massa m (20 gr. ad esempio), per c i calori specifici dati dal Bruner per i due corpi alla temperatura più vicina a quella assunta nell'esempio presente ($c = 0.508$ a 47° per il timolo; $c = 0,602$ a 47° per il tiosolfato sodico); facendo $k = 0,0065$ (k è la costante, e, in questo caso, la media di alcuni valori tra loro vicini, calcolata da un'esperienza riportata dagli autori suddetti), e mettendo $\theta_1 = 48°$, $\theta = 47°,9$, $\theta_0 = 36$, si ottiene che il valore del tempo impiegato dal timolo e dal tiosolfato sodico per discendere in tali condizioni da 48° a 47°,9 è rispettivamente $t = 12,4$ e $t = 14,7$. Il tiosolfato sodico è dunque più lento del timolo nel raffreddarsi.

Si può dunque, a parer nostro, soltanto pensare che la precisione dei due diversi metodi non sia, almeno in tutti i casi, paragonabile, oppure che i due fenomeni possano qualche volta non aver fra loro riscontro; ad ogni modo crediamo che la cosa abbia ancora bisogno di studio.

Secondo poi il lavoro dello Gnesotto (1), questo massimo del calore specifico per il tiosolfato sodico giacerebbe ad una temperatura di qualche grado più alta; ma noi non abbiamo creduto, almeno per ora, opportuno di trasportare in tali limiti le nostre osservazioni, dato il risultato negativo dell'esperienza di cui rendiamo conto, e data la nostra intenzione di ripetere le determinazioni con più esatti mezzi di indagine.

* * *

Partendo dall'idea che l'esplicarsi del fenomeno Moreschini fosse dovuto ad un ravvicinarsi delle molecole nel liquido, ad una tendenza alla cristallizzazione che poi verrebbe da cause opposte impedita, abbiamo messo del timolo fuso (contenuto in tubo di vetro chiuso alla fiamma) in termostato mantenuto a 48°,5 (ossia ad una temperatura vicinissima a quella di fusione (2) della sostanza, e quindi anche a quella alla quale il fenomeno Moreschini si manifesta), ed ivi lo abbiamo tenuto per circa 9 ore. Ciò è stato ripetuto per parecchie volte, ma la solidificazione della sostanza non si è mai prodotta. Nemmeno, del resto, ripetendo la esperienza nelle medesime condizioni, ma a temperature più basse (45°; 43°,5; 40,°5; 31°) è mai avvenuta la cristallizzazione. Anzi, anche negli intervalli fra le suddette osservazioni, e in appresso per un tempo indefinito, il timolo è rimasto perfettamente liquido e limpido, benchè la temperatura del bagno si fosse equilibrata con quella dell'ambiente, che era allora di 19-20 gradi.

Queste esperienze confermano quanto già accennammo nella prima Memoria, e portano alla conclusione che il numero dei germi cristallini formantisi, se si formano, in seno al timolo è minimo tanto alla temperatura di fusione quanto a temperature più basse: ciò che servirebbe a spiegare da un lato la facile e prolungata sopraffusione del corpo, e dall'altro starebbe ad indicare che non veri germi cristallini, ma aggregati molecolari di diversa specie (forse più piccoli) o semplici movimenti di attrazione fra le molecole sarebbero la causa determinante il fenomeno Moreschini. Ciò che parlerebbe anche in favore della generalità del fenomeno stesso.

II.

Esperienze ultramicroscopiche

Le proprietà ottiche dei liquidi che presentano il fenomeno Moreschini, sono certo, per indagare la natura del fenomeno stesso, di una grande importanza. Noi abbiamo voluto cominciare lo studio di tali proprietà con l'osservare se variazioni visibili coi mezzi ultra-microscopici avvengono nei detti liquidi mentre la temperatura passa per il rispettivo punto di fusione.

(1) loco citato.

(2) Il timolo adoperato aveva il punto di fusione a 49°,4.

Non possedendo un dispositivo con cellula per il liquido e apparecchio per portare il liquido stesso alle diverse temperature, abbiamo dovuto contentarci di eseguire le nostre esperienze adoperando un ottimo microscopico di Zeiss munito di condensatore parabolico di Siedentopf per l'illuminazione su fondo scuro. Una luce potente ci veniva fornita da una lampada di Nernst, il cui getto luminoso, dopo esser passato attraverso una grossa sfera di vetro piena d'acqua (utile anche per assorbire il calore prodotto dall'asticella incandescente della lampada) viene a battere sullo specchietto del microscopio. Con l'uso del condensatore parabolico, che è specialmente adatto all'esame dei più piccoli microbi viventi, e di cui non descriviamo qui il funzionamento, rimandando per questo ai cataloghi di Zeiss (1), vengono messi in evidenza sul campo scuro del microscopio come punti luminosi gli oggetti otticamente più densi che si trovano nel liquido della preparazione. Questa si fa nel modo ordinario tra lama e lamella, e viene rilegata al condensatore per mezzo di olio di cedro.

Noi volemmo prima di tutto fare alcune osservazioni con soluzioni colloidali di metalli e con acqua contenente microrganismi, tanto per assicurarci del buon funzionamento dell'apparecchio, quanto per avere un'idea approssimata della sua potenza, ossia del grado di piccolezza delle particelle che esso era capace di svelare.

Montammo le preparazioni su lamina di vetro dello spessore di 1-1,4 mm., adoperando una piccolissima goccia di liquido, poichè per delle buone osservazioni la distanza fra lama e lamella deve essere la più piccola possibile. Tanto il porta-oggetti quanto il copri-oggetti venivano prima accuratamente detersi con benzolo.

Ecco i resultati delle nostre osservazioni:

1°) Oro colloidale azzurro. Qualche punto grande luminoso mobile su fondo scuro.

2°) Oro colloidale rosso pallido. Molti piccoli punti luminosi muoventisi rapidamente su fondo meno intensamente luminoso.

3°) Acqua di vasca. Globi luminosi sfuggenti quasi dal campo, e rallentanti sempre più i movimenti fino ad arrestarsi (certo protozoarii); altri punti più piccoli immobili; tutto su fondo meno intensamente luminoso.

Per esaminare i liquidi che a noi interessano, e specialmente vedere se essi variano mentre varia la loro temperatura attraverso il punto di fusione, con l'apparecchio di cui eravamo in possesso non potevamo certo far altro che mettere questi liquidi caldi sulla lastrina porta-oggetti ed osservarli finchè avessero assunto la temperatura dell'ambiente. E così facemmo infatti per l'anetolo e per l'acido acetico, che ben si prestavano allo scopo per avere un punto di fusione non troppo elevato rispetto alla temperatura dell'ambiente (2), e che quindi, portati caldi sulla lastrina, avrebbero impiegato un certo tempo a mettersi in equilibrio di temperatura con la stanza, permettendo così all'osservatore di seguire le possibili variazioni producentisi nel loro interno.

Ed ecco quanto potemmo vedere:

1°) *Anetolo* (punto di fusione 21°). Introdotto solido in crogiuolo, scaldato in stufa verso 30°, e portato (una goccia) sul vetrino porta-oggetti. Subito coperto col

(1) Carl Zeiss, *Ultramicroscopie et eclairage à fond noir.*, n. 4.

(2) Questa temperatura oscillava allora intorno ai 13 gradi.

copri-oggetti, messo l'apparecchio a fuoco e protratta l'osservazione per 15 minuti. Campo scuro con pochi punti luminosi immobili.

Nessuna variazione visibile nel liquido durante l'esperienza. Temperatura della stanza 13°,5. Il liquido, osservato poi con una lente, non mostra traccia di cristallizzazione.

2°) *Acido acetico* (punto di fusione 16°,5). Come per l'anetolo. Campo scuro con molti piccoli punti luminosi immobili. Nessuna variazione visibile nel liquido durante l'esperienza.

Temperatura della stanza 13°,5.

L'acido acetico però, a causa della forte evaporazione che subisce, si lascia in queste condizioni osservare con qualche difficoltà.

Bisogna poi notare che parte dei punti luminosi immobili osservati (e specialmente i più grossi) son forse dovuti a qualche bollicina d'aria che resta sempre nello strato d'olio di cedro che riunisce il condensatore parabolico al porta-oggetti; o fors'anche dipendono da traccie difficilmente evitabili di polvere. Ad ogni modo, quello che ci sembra di aver messo in chiaro si è che nessuna variazione presentano al loro punto di fusione i nostri liquidi esaminati nelle condizioni suddette: e che tanto l'anetolo quanto l'acido acetico si comportano come mezzi otticamente vuoti. Non si formerebbero in tali liquidi germi cristallini nè al punto di fusione nè per qualche grado poi: o almeno non se ne formerebbero di così grandi da esser resi manifesti col dispositivo ultra-microscopico, tuttavia abbastanza potente, da noi adoperato.

Riassunto.

In questa Memoria:

1°) si è esteso il materiale sperimentale a due sostanze che presentano in grado eminente il fenomeno della sovraffusione, cioè il trifenilmetano e il trimetilcarbinolo; ma nessuna decisa anomalia si è potuta accertare nelle curve di raffreddamento, sia differenziali che ordinarie: si può dire quindi che queste due sostanze non presentano il fenomeno Moreschini.

2°) Si è di nuovo studiato lo zolfo facendo misure più accurate e tracciando le curve differenziali di raffreddamento; ma le conclusioni restano le stesse di quelle già esposte nella nostra prima Memoria.

3°) Si sono ripetute le esperienze sul tiosolfato sodico; ma resta sempre la discordanza tra i dati riferentisi al calore specifico secondo il Bruner, e quelli riferentisi alle curve di raffreddamento, senza che del fenomeno possa darsi per ora una adeguata spiegazione.

4°) Si è dimostrato per il timolo che nessun germe tale da provocare la cristallizzazione esiste allo stato di sovraffusione.

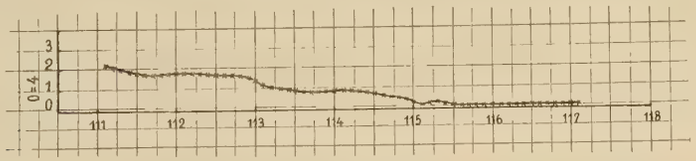
5°) Si è mostrato, con osservazioni ultramicroscopiche sull'acido acetico e sull'anetolo, che, passando per il punto di fusione, nessun cambiamento si manifesta nelle sostanze liquide, le quali, anche allo stato sopraffuso, possono considerarsi come liquidi otticamente vuoti e quindi se germi cristallini si formano essi non sono di grandezza tale da esser rivelati dall'ultramicroscopio.

Pisa, Istituto di Chimica generale dell'Università. Luglio del 1913.

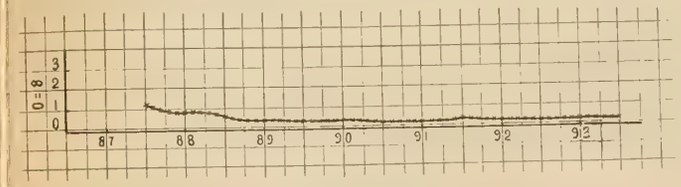
TAVOLA I.

CURVE DI RAFFREDDAMENTO erenziali).

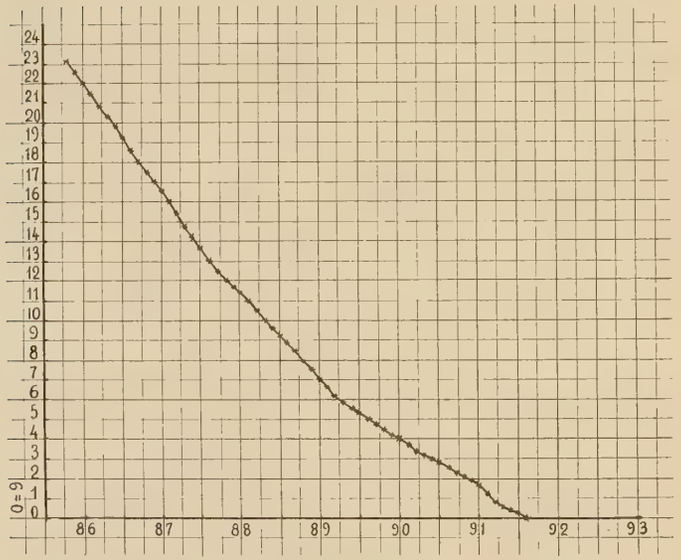
Ascisse: Temperatura (1 divisione del diagramma = 1/4 di grado centigrado).
Ordinate: Differenze fra il tempo impiegato dalla colonna di mercurio del termometro a percorrere le successive divisioni della scala e npo (0) occorrente a percorrere la divisione iniziale (1 divisione del diagramma = 1 minuto secondo).



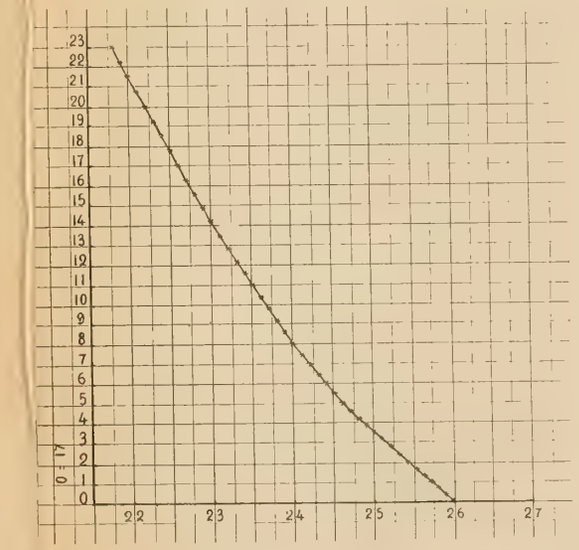
Solfo
(p. di congel. 114°).
FIG. 1.



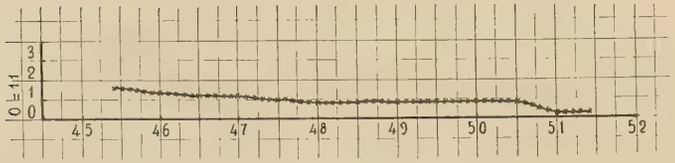
Trifenilmetano
(p. di fus. 90°,4).
FIG. 2.



Trifenilmetano
(p. di fus. 90°,4).
FIG. 3.



Trimetilcarbinolo
(p. di congel. 23°,4).
FIG. 4.

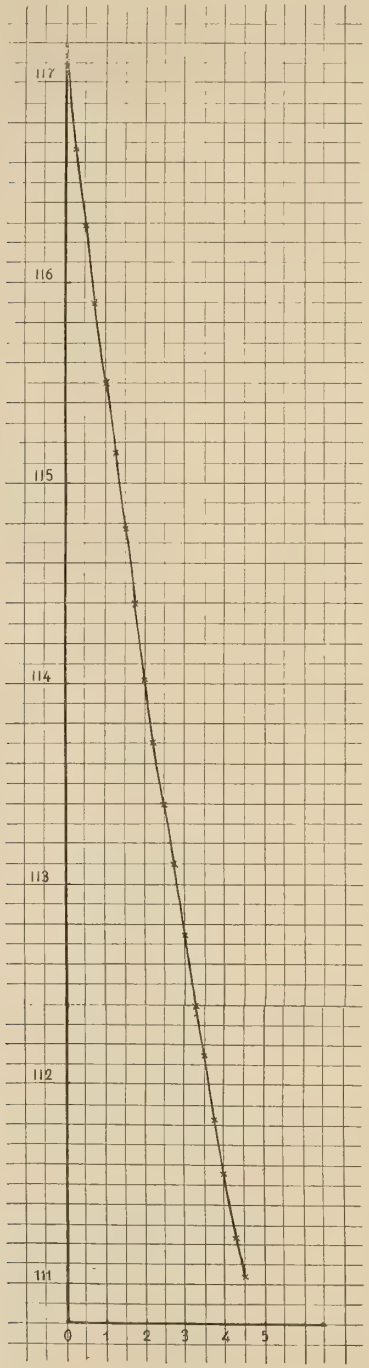


Tiosolfato sodico
(p. di congel. 48°,1)
FIG. 5.

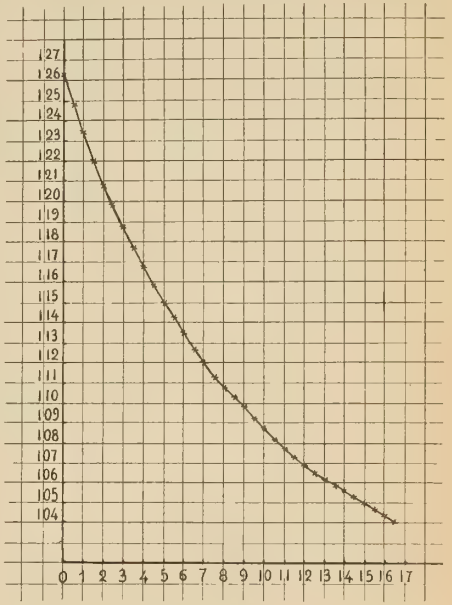
Tavola II.

CURVE DI RAFFREDDAMENTO (varie).

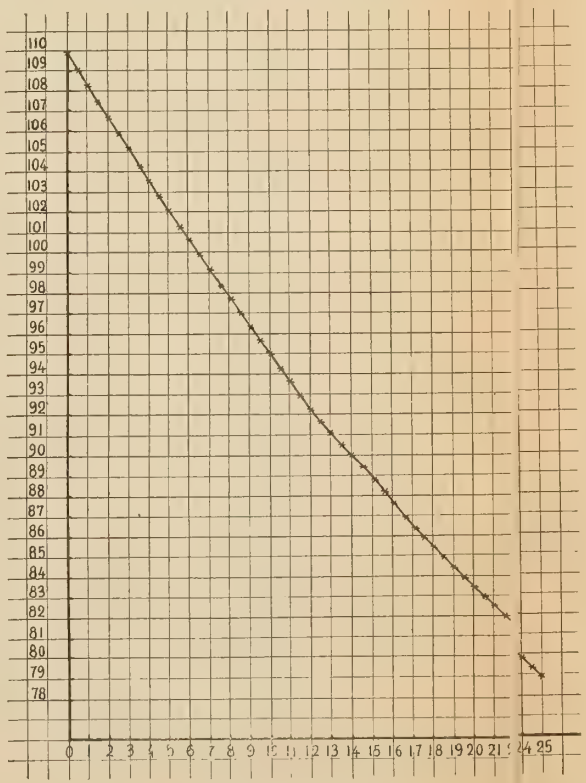
Ascisse: Tempo (una divisione del diagramma = $^1/_2$ minuto primo per la fig. 1; = 1 minuto primo per le fig. 2, 3, 4).
Ordinate: Temperatura (una divisione del diagramma = $^1/_{10}$ di grado centigrado per la fig. 1; = 1 grado centigrado per le fig. 2, 3, 4).



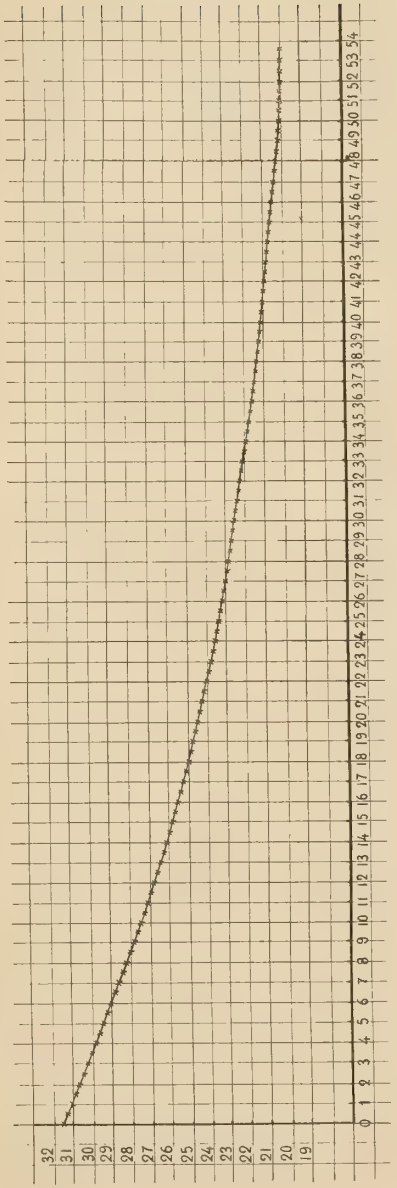
Solfo
(p. di cong. 114°).
Fig. 1.



Solfo
(p. di cong. 114°).
Fig. 2.



Trifenilmetano
(p. di fus. 90°,4).
Fig. 3.



Trimetilcarbinolo
(p. di congel. 23°,4).
Fig. 4.

Determinazioni di gravità relativa compiute nel 1912 a Roma, Arcetri, Livorno, Genova, Vienna e Potsdam.

Memoria del Corrisp. VINCENZO REINA e dell' Ing. GINO CASSINIS

presentata nella seduta del 15 giugno 1913

(con 3 tavole)

Il valore assoluto della accelerazione di gravità a Roma (Scuola d'applicazione per gli Ingegneri, S. Pietro in Vincoli) venne determinato dai proff. Giuseppe Pisati ed Enrico Pucci, facendo uso di pendoli filari ed applicando il metodo differenziale di Bessel. Una prima serie di esperienze venne eseguita nel 1882 e pubblicata nel 1883 (1). Una seconda lunghissima serie di esperienze venne iniziata nel 1883 e condotta a termine nel 1887. Il valore definitivo della accelerazione di gravità, risultante dalla discussione di tutte quelle esperienze, venne però pubblicato soltanto dopo la morte dei due autori, e cioè nel 1894 (2). Esso è:

$$g = 980^{cm}.343 \pm 0^{cm}.007.$$

Questo valore venne poi ripetutamente riferito a Padova, a mezzo dell'apparato pendolare di Sterneck.

Un primo collegamento venne effettuato nel 1893 dal prof. G. Lorenzoni, il quale trovò (3):

$$g_{\text{Padova}} - g_{\text{Roma}} = + 0^{cm}.308 .$$

La medesima differenza venne determinata dal luogotenente Edler von Triulzi nella occasione della campagna gravimetrica compiuta in Italia nel 1894 per conto della

(1) G. Pisati ed E. Pucci, *Sulla lunghezza del pendolo a secondi*, Memorie della R. Accad. dei Lincei, Roma, 1883.

(2) V. Reina, *Sulla lunghezza del pendolo semplice a secondi in Roma. Esperienze eseguite dai proff. G. Pisati ed E. Pucci*, Mem. della R. Accad. dei Lincei, Roma, 1894.

(3) G. Lorenzoni, *Determinazione relativa della gravità terrestre a Padova, Milano e Roma*, Atti del R. Istit. Veneto, 1894, pag. 291.

Marina di guerra austro-ungarica. Egli ottenne [1]:

$$+ 0^{cm}.313 .$$

Una terza determinazione venne compiuta dall'Istituto geografico militare nel 1897, per opera del prof. F. Guarducci, del colonnello P. Baglione e del prof. A. Andreini, col risultato [2]

$$+ 0^{cm}.311 .$$

Se si adotta per la accelerazione della gravità a Padova il valore risultante dalla compensazione effettuata dal prof. E. Borrass [3],

$$g = 980^{cm}.658 \qquad \text{(sistema di Potsdam)},$$

si ottengono per Roma i seguenti valori:

g_{Roma}	$= 980^{cm}.658 - 0^{cm}.308 = 980^{cm}.350$		(Lorenzoni)
»	$=$ » $- 0 .313 =$	.345	(v. Triulzi)
»	$=$ » $- 0 .311 =$	.347	(Oper. Ist. Geogr.)

Tutte queste determinazioni erano state eseguite coll'antico apparato di Sterneck a tripode, sostenuto da un pilastro trasportabile costituito da pezzi sovrapposti di pietra calcare. Il pilastro era sempre stato montato nella sala dove i proff. Pisati e Pucci avevano compiuto le loro esperienze, al primo piano della Scuola degli ingegneri. A quell'epoca, ancora non era stata messa in chiaro la influenza nociva della oscillazione del supporto, e certamente, sotto questo riguardo, la sistemazione dell'apparato in una sala non terrena non poteva considerarsi come la più favorevole.

Nell'intento di conseguire un più sicuro confronto fra il valore assoluto della gravità a Roma e quello determinato dai proff. Kühnen e Furtwängler a Potsdam [4], ed oramai considerato come fondamentale, e nel desiderio di collegare poi a Roma tutta una serie di misure di gravità relativa in Italia, si deliberò la costruzione di un nuovo apparato per il Gabinetto di Geodesia della Scuola di Roma.

Già fin dalla riunione dell'aprile 1909, la R. Commissione geodetica italiana si era attivamente occupata della questione delle misure di gravità relativa, ed aveva nominato nel suo seno una sotto-Commissione coll'incarico di esaminare il problema sotto i suoi vari aspetti. Si erano in quella occasione stabilite le direttive da seguire nelle determinazioni da farsi nell'avvenire, insistendo sul concetto che fosse in ogni caso determinato quantitativamente il grado di stabilità del supporto.

[1] *Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen ausgeführt durch die K. Kriegs-Marine*, Wien, 1895, S. 385-386.

[2] F. R. Helmert, *Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparate*, Leyde, 1901. S. 159.

[3] E. Borras, *Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten in der Zeit von 1808 bis 1909 und über ihre Darstellung in Potsdamer Schweresystem*, Verhandl. der XVI Allgemeinen Conferenz der Internationalen Erdmessung, Berlin, 1911, S. 197.

[4] E. Kühnen e Ph. Furtwängler, *Bestimmung der absoluten Grösse der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln*, Berlin, 1906.

Era però generalmente prevalsa l'opinione che convenisse rendere il supporto del pendolo stabile quanto più fosse possibile, per non far soverchio affidamento sulle formole di riduzione a supporto rigido che, per quanto di uso comodo e semplice, non possono a meno di costituire cause di incertezza, quando l'ammontare di tale riduzione sia notevole.

L'apparato pendolare.

Per determinare l'oscillazione del supporto (*Mitschwingen*) vennero fatti, negli ultimi tempi, parecchi tentativi di modificazione dell'apparato di Sterneck. Sostanzialmente essi si riducono all'aggiunta di una appendice alla mensola di sostegno del pendolo in guisa da potervi sospendere un pendolo ausiliario, il cui asse di sospensione sia parallelo e contenuto nello stesso piano orizzontale coll'asse di sospensione del pendolo invariabile. L'oscillazione del supporto si può allora determinare col procedimento proposto da Schumann (1). Una modificazione di questo tipo venne dallo stesso Schumann applicata ad un apparato a tripode dell'Istituto Geodetico Prussiano, con ottimi risultati adoperato da Haasemann nelle misure gravimetriche effettuate nel Harze (2). Analoga modificazione venne applicata dal dott. Niethammer all'apparato a tripode della Commissione geodetica svizzera (3). In condizioni meno favorevoli la modificazione venne applicata anche alla mensola murale di Sterneck, tanto per opera di Becker (4), quanto per opera di Aimonetti (5).

Tutte queste modificazioni presentavano però notevoli inconvenienti: essendo applicate ad apparati già esistenti, non potevano a meno di introdurre un certo squilibrio nella distribuzione delle parti. In secondo luogo il pendolo ausiliario o motore, durante la determinazione del *Mitschwingen*, veniva sospeso nella posizione destinata al pendolo invariabile, per esserne poi levato durante le operazioni gravimetriche. Ciò portava alla conseguenza che la oscillazione del supporto veniva determinata in condizioni diverse da quelle nelle quali erano poi effettuate le misure di gravità.

Allo scopo di rendere piccola quanto più fosse possibile la oscillazione del supporto, noi stabilimmo di attenerci alla mensola murale, ma nello stesso tempo rivolgemmo il pensiero ad una più radicale trasformazione di detta mensola, in guisa da renderla bipendolare e da eliminarne in pari tempo gli inconvenienti sopra ricordati.

(1) R. Schumann, *Ueber die Verwendung zweier Pendel auf gemeinsemer Unterlage zur Bestimmungen der Mitschwingung*, Zeitschrift für Mathematik und Physik, 44 Jahrgang.

(2) L. Haasemann, *Bestimmungen der Intensität der Schwerkraft auf 66 Stationen im Harze* ecc., Veröff. d. k. Preuss. Geodätischen Institut, Neue Folge, n. 9, Berlin, 1905.

(3) *Astronomisch-Geodätische Arbeiten in der Schweiz. Schwerebestimmungen in den Jahren 1900-1907*, Bd. XII, Zürich, 1910.

(4) E. Becker, *Relative Bestimmungen der Intensität der Schwerkraft auf 45 Stationen in Elsass und Lothringen*, Karlsruhe, 1912, S. 45.

(5) C. Aimonetti, *Una modificazione all'apparato pendolare di Sterneck*, Rend. Accad. di Torino, 1911.

Il generale Sterneck, al quale comunicammo il nostro proposito, nel dicembre 1909, pure esprimendo il dubbio che l'aggiunta di un secondo pendolo alla mensola a muro dovesse alterarne la semplicità di costruzione, ci metteva in rapporto col meccanico E. Schneider, e, per quanto riguarda la determinazione delle costanti dell'apparato da costruirsi, ci dirigeva al capitano L. Andres a lui succeduto quale direttore della sezione geodetica dell'Istituto geografico militare di Vienna.

Data tosto l'ordinazione dello strumento, venne iniziata una lunga corrispondenza col meccanico Schneider e col capitano Andres, nella quale vennero minutamente esaminate tutte le particolarità di costruzione, e vennero discusse e gradualmente superate le difficoltà costruttive, mano mano che si presentavano. Al capitano Andres, che con tanto interessamento si è occupato della nuova costruzione, e ci fu largo di utili suggerimenti, esprimiamo i più sentiti ringraziamenti.

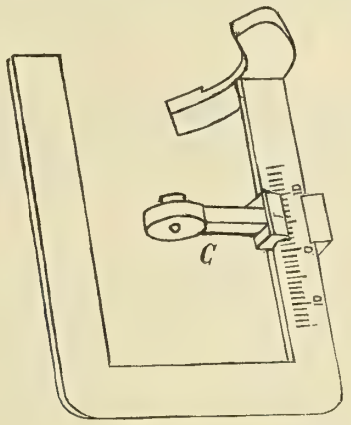
Diamo qui la descrizione dell'apparato, nella sua forma definitiva, condotta a termine verso la fine del 1911. La tav. I rappresenta l'apparato in proiezione verticale; la tav. II ce lo mostra in proiezione orizzontale.

A A′ C C′ è la mensola di bronzo; essa viene fissata alla parete per mezzo di tre buloni a vite $B_1 B_2 B_3$ muniti di dadi e controdadi d, d'. La piastra EE, pure di bronzo, appoggia sulla mensola per mezzo della punta fissa f e delle punte delle due viti V attraversanti le braccia orizzontali della mensola in vicinanza delle loro estremità, e suscettibili di essere compresse nelle rispettive madreviti per mezzo delle viti di stringimento v. La piastra stessa viene poi saldamente fissata alla mensola per mezzo della vite di pressione w, contrapposta alla punta f, e delle due viti w'. Nella faccia superiore della piastra di bronzo è incastrata una lastra di agata sulla quale si fanno appoggiare, coi coltelli fra loro paralleli, il pendolo invariabile P ed il pendolo ausiliario P′, destinato a determinare la oscillazione del supporto. Il nostro apparato è munito di due di tali pendoli, l'uno avente circa peso doppio, e l'altro circa peso metà dei pendoli invariabili. Si è adottata, non ostante le difficoltà di lavorazione ed il prezzo rilevante, un'unica lastra di agata a sostegno dei due pendoli, prima per poter essere certi di disporre esattamente in uno stesso piano i loro assi di sospensione, poi per poter rendere rigida quanto più fosse possibile la loro connessione, essendo queste le due condizioni che vengono introdotte per semplificare le equazioni differenziali del moto simultaneo dei due pendoli, quando si vuol pervenire a formole pratiche per calcolare la riduzione a supporto rigido.

Tutti i pendoli, tanto invariabili, quanto ausiliari, hanno i coltelli di agata, della forma consueta usata da Sterneck. Nella posizione di riposo essi appoggiano per mezzo dei coltelli esterni su due solcature praticate nelle facce superiori di due coppie di cilindretti metallici cc' innalzati per mezzo della manovra di due viti gg'. Nelle operazioni gravimetriche si aveva ben riguardo che i coltelli appoggiassero sempre nello stesso modo sulle facce superiori dei cilindretti, in guisa che, quando questi venivano abbassati, i pendoli venissero ad appoggiare per mezzo dei coltelli più interni (coltelli di lavoro) sempre nello stesso posto sulla piastra di agata: condizione, questa, assai importante nelle determinazioni differenziali di gravità, quando si voglia eliminare la influenza di eventuali irregolarità nella superficie della lastra di agata.

I pendoli invariabili, di bronzo, portano i numeri 147, 148, 149, 150: essi hanno una durata di oscillazione un po' maggiore di $0^s,507$.

I pendoli ausiliarî, pure di bronzo, l'uno pesante circa due kg., l'altro circa mezzo kg., hanno l'estremo inferiore dell'asta, per un intervallo di circa 6 cm., lavorato a vite, col passo di 1 mm. Lungo questa vite è mobile la lente, la quale viene fissata per mezzo di due madreviti QQ'. La madrevite inferiore porta una tamburella divisa in 100 partî, le quali vengono lette in corrispondenza ad un indice. Alla rotazione di una di queste parti corrisponde, per il pendolo pesante, una variazione della durata d'oscillazione, di circa 95 unità della settima cifra decimale. Si può così far coincidere la durata di oscillazione di esso pendolo con quella di uno dei pendoli invariabili dentro una unità della quinta decimale, condizione che è bene riesca soddisfatta quando si voglia applicare il metodo di Schumann per determinare la oscillazione del supporto.



Per contare il numero intero dei giri della vite, serve un piccolo apparecchio foggiato ad *U*: uno dei due rami porta una graduazione in mm., e lungo esso è mobile un corsoio C. Si appoggiano le estremità dei due rami alla faccia inferiore della lente, si fa correre il corsoio fino a che esso venga a contatto coll'estremo dell'asta del pendolo, sporgente da essa faccia, e si legge sulla graduazione il numero di giri.

Come si è già detto, uno dei criterî direttivi nella costruzione dell'apparato fu questo, che il pendolo ausiliario doveva restare sempre in posto anche durante le misure gravimetriche. Si presentava allora questo inconveniente che il suo coltello intercettava la visuale fra il cannocchiale dell'apparato delle coincidenze e lo specchietto del pendolo invariabile. Dopo varii tentativi, si adottò la seguente soluzione suggerita dal capitano Andres: Il pendolo ausiliario viene sospeso sulla mensola collo specchio *s'* rivolto verso quello *s* del pendolo invariabile, ed a metà distanza fra essi, pure sulla lastra di agata, viene fissato, per mezzo delle vite H, un doppio prisma a riflessione totale. Due raggi inviati da uno stesso punto della scala delle coincidenze (segnati in rosso nella figura) possono così venire riflessi separatamente dai due specchi, e dar due immagini separate, ed essendo eguali le lunghezze delle due traiettorie luminose, si possono avere immagini egualmente nitide della scala.

Per poter disporre l'una di fianco all'altra le due immagini della scala e portare i loro zeri sotto il filo orizzontale del reticolo, servono le viti *kk* atte a far ruotare lo specchietto del pendolo ausiliario intorno ad un asse verticale, e le viti *hh* con la cui manovra si fa ruotare il prisma intorno ad un asse orizzontale parallelo ai coltelli.

Nelle misure di gravità, lo specchietto del pendolo ausiliario, disposto nella posizione di riposo, cioè sollevato sui due cilindretti metallici, compie le funzioni dello specchio fisso dell'*apparato di Sterneck*.

Per dare la voluta ampiezza d'oscillazione ai due pendoli, e metterli in moto, servono le due leve L ed L′, portate da due corsoj γ γ' mobili lungo il braccio orizzontale inferiore della mensola, e regolabili nella loro posizione per mezzo di due coppie di viti δ e δ'.

Due termometri *Voytaček* vengono disposti verticalmente nelle posizioni T e T′, quindi a diversa distanza dalla parete; nn terzo termometro a pendolo (che verrà descritto più avanti), avente la stessa forma esterna del pendolo invariabile, viene sospeso nella posizione S.

Per proteggere l'apparato dalla irradiazione della parete, alla mensola è applicata una lastra di alluminio DD, la quale resta però separata dalla parete di quanto è lo spessore dei dadi *d′*. La faccia di questa lastra contrapposta al muro è ancora ricoperta da una pelle di coniglio.

Durante le esperienze, tutto l'apparato viene ricoperto da una custodia parallelepipeda di alluminio, la quale, nella faccia che guarda l'apparato delle coincidenze, presenta delle finestrelle chiuse da vetri a faccie parallele.

Una seconda custodia, di legno, ricoperta internamente di stagnola, serve a contenere sospesi i pendoli durante il periodo delle esperienze. Essa viene collocata di fianco ed alla stessa altezza della mensola, per disporla possibilmente nelle stesse condizioni di temperatura.

L'apparato delle coincidenze è quello consueto, usato da Sterneck [1]. Esso viene sostenuto da un treppiede con gambe costituite da pezzi scorrevoli, in guisa da regolarne a piacere l'altezza. In tutte le stazioni si osservò restando in piedi.

L'apparato delle coincidenze viene poi collegato elettricamente con un pendolo a secondi di Riefler, avente l'asta di acciaio-nickel.

Nella campagna gravimetrica, della quale qui è reso conto, la corrente era solitamente fornita da 6 elementi di pila italiana, disposti in due serie parallele di tre elementi ciascuna. Si osservava sempre il lampo corrispondente alla apertura del circuito.

Una corrente così intensa, come quella fornita da 6 elementi, se era molto utile per il buon funzionamento dell'apparato delle coicidenze, cioè per ottenere lampi ben netti, avrebbe però potuto portare qualche alterazione nell'andamento del pendolo Riefler; e producendo delle piccole scintille alla interruzione dei contatti, ed ossidando la molla metallica nel punto ove avviene il contatto stesso, avrebbe infine potuto

[1] R. von Sterneck, *Der neue Pendelapparat des k. k. Militär Geographischen Institutes.* Mittheilungen des Mil. Geogr. Inst., VII Band, Wien, 1887.

determinare delle interruzioni nel funzionamento di tutto l'apparato Per ovviare all'inconveniente, seguendo il consiglio del prof. Bordoni, si ricorse ad una disposizione che ricorda quella adoperata nei *rocchetti di Ruhmkorff*, e che consiste nel mettere in derivazione, sul contatto stesso, una notevole capacità elettrostatica. Il valore minimo da darsi alla capacità del condensatore, quando si voglia praticamente ottenere la scomparsa completa delle scintille, dipende dalle costanti del circuito elettrico che viene interrotto. Nel caso nostro si è dimostrata sufficiente una capacità di circa 12 microfarad, costituita da 6 condensatori a carta paraffinata, ciascuno da 2 microfarad, del tipo molto compatto ed economico che costruisce da qualche anno la « Western Electric Co. » per le Centrali telefoniche.

Nell'ultima stazione compiuta a Roma si adoperarono con molto vantaggio due elementi di pila a secco, *sistema Spierer*.

Nelle stazioni fatte in Italia, la pressione atmosferica venne determinata col barometro a mercurio *Deleuil* n. 26, la cui correzione complessiva per lo spostamento dello zero e per la capillarità, secondo la comparazione effettuata nell'Ufficio meteorologico centrale di Roma, è $+ 0^{mm}.57$.

La tensione del vapor acquoso venne dappertutto determinata con uno psicrometro ad aspirazione *sistema Assmann*, costruito da Fuess, i cui termometri vennero comparati nella Physikalische Technische Reichsanstalt in Charlottenburg.

Le stazioni.

Vienna. — Le operazioni gravimetriche vennero compiute nel locale sotterraneo, a tal uopo destinato, dell'Istituto geografico militare. La mensola venne applicata ad un enorme masso di calcestruzzo di forma parallelepipeda, costruito nel mezzo della sala, isolato dal pavimento, e assai ben sottratto dalle trepidazioni provocate dall'attivo transito di carri nelle strade circostanti.

Latitudine	$\varphi = 48°.12',7$	
Longitudine	$\lambda = 1.^h5^m,4$	E. G.
Altezza, sul mare, della lente del pendolo . .	$H = 181^m.6$	

Le misure furono effettuate in due epoche, cioè in marzo ed aprile 1912, per opera dei luogotenenti Pitsch e Császár, nella occasione in cui furono determinate le costanti strumentali, ed in settembre da Reina.

Roma. — Dopo le esperienze dei professori Pisati e Pucci, vennero effettuati dei lavori di sterro nei sotterranei della Scuola d'applicazione per gli ingegneri, e si ottenne una galleria molto adatta ad impiantarvi una stazione gravimetrica. La mensola venne applicata ad una grossa parete, fungente da muro divisorio fra i locali della Scuola e l'attigua chiesa di S. Pietro in Vincoli. La località essendo molto appartata, nessun tremolìo ebbe mai a constatarsi per il transito dei carri lontani.

$\varphi = 41°.53',5$
$\lambda = 0^h.49^m.59^s$ E. G.
$H = 49^m.26$

L'altitudine del pendolo nelle misure dei professori Pisati e Pucci (palla del pendolo lungo) essendo $H = 59^{m},02$, ne segue che l'accelerazione della gravità determinata nella antica stazione, per essere ridotta alla nuova, deve subire la riduzione

$$dg = + 0^{cm},0030 .$$

Le misure a Roma vennero compiute in tre epoche, cioè dal 17 al 21 luglio 1912 (prima della partenza per la campagna gravimetrica in Italia), dal 9 al 10 agosto (dopo il ritorno da detta campagna), e dal 17 al 29 ottobre, dopo compiute le misure a Vienna e Potsdam.

Firenze. — La stazione venne impiantata nell'Osservatorio astronomico di Arcetri, in uno stanzino attiguo alla camera del pendolo normale « Mioni », nel posto stesso dove vennero già compiute le misure del prof. G. Ciscato (1). La posizione del luogo è così definita:

$$\varphi = 43°.45',2$$
$$\lambda = 0^{h}.45.^{m}\,1^{s} \qquad \text{E. G.}$$
$$H = 183^{m}.78$$

La quota del centro di gravità del pendolo venne ottenuta per mezzo di una piccola livellazione avente per punto di partenza un caposaldo verticale dell'I. G. M. applicato alla parete esterna dell'edificio, e portante la quota $184^{m}.47$. La località appartata, lontana da strade carrozzabili, è particolarmente adatta ad operazioni delicate come quelle gravimetriche.

Livorno. — Le osservazioni vennero fatte in un sotterraneo della R. Accademia navale.

$$\varphi = 43°.32',0$$
$$\lambda = 0^{h}.41^{m}.14^{s} \qquad \text{E. G.}$$
$$H = 5^{m}.6$$

La quota H venne ottenuta per mezzo di una breve livellazione geometrica partente dal mare.

Genova. — La stazione venne impiantata nel R. Istituto idrografico, e precisamente nel locale costruito al principio del 1909 per servire appunto alle osservazioni gravimetriche. Esso venne già descritto dal dott. Alessio che vi compì le sue osservazioni nel 1909 e 1910 (2). È un piccolo camerino racchiuso da grossi muraglioni, ad uno dei quali venne fissata la mensola.

$$\varphi = 44°.29',2$$
$$\lambda = 0^{h}.35^{m}.40^{s} \qquad \text{E. G.}$$
$$H = 97^{m}.5$$

(1) G. Ciscato, *Determinazione della gravità relativa Padova-Arcetri, fatta con un pendolo filare.* Atti del R. Istituto Veneto, 1899.

(2) A. Alessio e G. Silva, *Esperienze comparative sopra alcuni apparati gravimetrici, e nuova determinazione della gravità relativa fra Genova e Padova.* Annali idrografici, Genova, 1910.

Potsdam. — Le misure vennero compiute nel k. Preuss. Geodätisches Institut, nella sala sotterranea destinata alle determinazioni gravimetriche, che è ormai da considerarsi come il punto di riferimento di tutte le misure di gravità relativa. La mensola venne applicata alla parete nord della sala, che è anche muro maestro dell'edificio, e che serve di sostegno al terrapieno esterno.

$$\varphi = 52°.22',9$$
$$\lambda = 0^h.52^m.16^s \qquad \text{E. G.}$$
$$H = 83^m.4$$

Le costanti strumentali.

La costante di pressione. — Bessel rappresenta la lunghezza l' di un pendolo oscillante nell'aria, per mezzo della formola [1]

$$l' = \frac{K}{ms - m's'}\left(1 + \frac{m'}{m}k\right),$$

dove m ed m' sono le masse del pendolo e dell'aria spostata, s ed s' le distanze dei loro centri di gravità dall'asse di sospensione, K il momento d'inerzia del pendolo rispetto a questo asse, k una costante dipendente dalla forma del pendolo e della sua superficie. La formola può scriversi

$$l' = \frac{K}{ms}\left(1 + \frac{m'}{m}k\right)\left(1 + \frac{m's'}{ms}\right)$$
$$= l\left(1 + \frac{m'}{m}k\right)\left(1 + \frac{m's'}{ms}\right).$$

L'effetto dell'aria è quindi di aumentare la lunghezza l del pendolo semplice corrispondente. Ritenuto $s' = s$, si trova che le due durate d'oscillazione t e t' corrispondenti a l ed l', sono legate dalla relazione

$$l' = l\left(1 + \frac{1+k}{2}\frac{m'}{m}\right)$$
$$t = t'\left(1 - \frac{1+k}{2}\frac{m'}{m}\right).$$

La riduzione al vuoto della durata d'oscillazione t' è dunque rappresentata da

$$-\frac{1+k}{2}\frac{m'}{m}t'.$$

[1] Bessel, *Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendel*, Akad. d. Wissensch., Berlin, 1826.

Indicando con θ e θ' le densità della sostanza costituente il pendolo, e dell'aria, ed osservando che la densità dell'aria asciutta, a 0°, a livello del mare, a 45° di latitudine, ed alla pressione di 760^{mm}, è 0.0012928, si trova

$$\frac{m'}{m} - \frac{\theta'}{\theta} = \frac{0.0012928}{\theta} \frac{1 - 0.00265 \cos 2\varphi - \frac{2H}{R}}{760(1 + 0.003665\,T)} \left(B - \frac{3}{8} f\right)$$

(B pressione atmosferica in mm., T temperatura, f tensione del vapore acquoso).

Indicando quindi con s, come sempre si farà in seguito, la durata di oscillazione osservata, si avrà:

$$\textit{riduzione al vuoto} =$$

$$-\left\{ s \frac{1+k}{2} \frac{0.0012928}{\theta} \left(1 - 0.00265 \cos 2\varphi - \frac{2H}{R}\right)\right\} \frac{B - \frac{3}{8} f}{760(1 + 0.003665\,T)} ;$$

ossia, posto

1) $$\delta = s \frac{1+k}{2} \frac{0.0012928}{\theta} \left(1 - 0.00265 \cos 2\varphi - \frac{2H}{R}\right)$$

2) $$D = \frac{B - \frac{3}{8} f}{760(1 + 0.003665\,T)} ,$$

$$\textit{riduzione al vuoto} = -\delta D .$$

Il primo fattore è una costante per una determinata stazione, e deve essere determinato sperimentalmente. Il secondo fattore, che può chiamarsi la densità relativa dell'aria, deve determinarsi di volta in volta in base alle indicazioni del barometro, del termometro e dello psicrometro.

Se da una prima stazione (φ H) si passa ad una seconda (φ' H'), varierà anche il primo fattore, conformemente alla relazione

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{s'}{s} \frac{1 - 0.00265 \cos 2\varphi' - \frac{2H'}{R}}{1 - 0.00265 \cos 2\varphi - \frac{2H}{R}} .$$

Per $\frac{s'}{s}$ si può sostituire, in via d'approssimazione, il valore risultante dal supporre che la gravità varii in modo normale:

$$\frac{s'}{s} = \sqrt{\frac{g}{g'}} = \frac{\left(1 - 0.00265 \cos 2\varphi - \frac{2H}{R}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(1 - 0.00265 \cos 2\varphi' - \frac{2H'}{R}\right)^{\frac{1}{2}}} .$$

Ne consegue

$$\delta' = \frac{1 - 0.001325 \cos 2\varphi' - \frac{H'}{R}}{1 - 0.001325 \cos 2\varphi - \frac{H}{R}} \delta$$

che è la formola colla quale dal valore δ, determinato per una stazione (φ H), si passa al valore δ' per un'altra stazione (φ' H').

Nel caso nostro, la costante δ è stata determinata a Vienna ($\varphi = 48°.12'.40''$; $H = 181^{m}.6$); e fra le stazioni gravimetriche compiute, quella che ne differisce maggiormente in latitudine è Roma ($\varphi' = 41°.53'.30''$; $H' = 49^{m}.26$). Ne risulta

$$\delta' = 0.99973 \ \delta .$$

Essendo, come si vedrà fra poco, $\delta = 625.4$, ne segue $\delta' = 625.2$. La differenza è tanto piccola e tanto inferiore all'errore medio ($\pm$ 10), che è lecito di ritenere per tutte le nostre stazioni il valore di δ determinato per Vienna.

Le operazioni per la determinazione della costante δ vennero eseguite nel marzo 1912 dai luogotenenti Pitsch e Császár. Nel grande blocco di calcestruzzo e cemento eretto nel mezzo del sotterraneo destinato alle osservazioni pendolari, sono praticate due camere chiuse da robusti sportelli a tenuta d'aria, muniti di finestrelle di vetro. Con una pompa si può aumentare o diminuire la pressione nell'interno delle due camere. I due pendoli assoggettati contemporaneamente alla esperienza, venivano fatti oscillare ciascuno su un tripode dell'antico apparato di Sterneck. La contemporaneità delle misure, fatte dai due operatori, aveva per effetto di eliminare l'influenza dell'andamento dell'orologio delle coincidenze.

Indicando con B la pressione atmosferica, con b la variazione di pressione nell'interno delle casse, per ogni coppia di pendoli si facevano quattro determinazioni della durata d'oscillazione secondo lo schema

Camera I	Camera II
$B + b$	$B + b$
$B + b$	$B - b$
$B - b$	$B - b$
$B - b$	$B + b$

Indicando con S_i ed S_k le durate d'oscillazione nel vuoto dei due pendoli soggetti ad esperimento, con s_i ed s_k quelle osservate, corrette per l'ampiezza e per la temperatura, si ha

$$S_i = s_i - \delta_i D$$
$$S_k = s_k - \delta_k D' ,$$

essendo δ_i e δ_k le costanti di pressione relative a ciascun pendolo, D e D' le densità relative dell'aria nell'interno delle due camere.

Ponendo

$$S_k - S_i = x ,$$

si ha

$$x = s_k - s_i + \delta_i D - \delta_k D' ,$$

In corrispondenza allo schema sopra indicato, si avranno quattro di queste equazioni che serviranno a determinare le tre incognite x, δ_i e δ_k.

Per rendere piccoli i coefficienti si può sostituire, nelle equazioni,

$$625.0 + \delta_i \qquad 625.0 + \delta_k$$

in luogo di δ_i e δ_k, essendo 625,0 un valore prossimo delle costanti cercate.

Si avrà

$$x = (s_k - 625\ D') - (s_i - 625\ D) + \delta_i\ D - \delta_k\ D';$$

ossia, posto

$$(s_i - 625\ D) - (s_k - 625\ D') = \Delta s,$$

$$x - \delta_i\ D + \delta_k\ D' + \Delta s = v,$$

dove v è il residuo di osservazione.

Nello specchio seguente sono riassunti i dati originali d'osservazione inviatici dall'Istituto geografico militare di Vienna, dati che vennero da noi riassoggettati a calcolo. Nella riduzione a 0° venne assunto per la costante di temperatura il valore 50.

Temperatura	Ampiezza (in parti della scala)	Pressione	D	Durata di oscill. osservata 0s.507	$s - \frac{1}{16} A^2 s$ — 50 T — 625 D 0s.507	Temperatura	Ampiezza	Pressione	D	Durata di oscill. osservata 0s.507	$s - \frac{1}{16} A^2 s$ — 50 T — 625 D 0s.507	Δs
		Camera I						Camera II				
					21 Marzo 1912							
		Pendolo 147						*Pendolo 149*				
°		mm				°		mm				
9.29	5.9	942.5	1.199	7291	6073	9.27	6.3	947.1	1.205	6763	5541	532
9.31	6.7	943.7	1.205	7302	6079	8.45	7.1	524.7	0.668	6412	5541	538
9.07	6.9	527.0	0.671	6949	6070	9.00	7.0	527.1	0.671	6417	5542	528
9.14	6.8	525.1	0.669	6945	6064	9.33	6.7	943.7	1.200	6752	5530	534
					22 Marzo							
		Pendolo 147						*Pendolo 150*				
9.32	6.7	943.9	1.201	7306	6084	9 25	6.4	943.9	1.201	4860	3641	2443
9.37	6.7	939.3	1.195	7293	6072	9.00	6.5	525.6	0.670	4522	3648	2424
9.14	6.7	526.3	0.670	6945	6064	9.05	7.1	524.2	0.668	4531	3654	2410
9.21	6.9	525.7	0.669	6947	6062	9.36	6.6	940.4	1.196	4864	3643	2419
					23 Marzo							
		Pendolo 147						*Pendolo 148*				
9.45	7.0	942.5	1.199	7316	6088	9.35	6.5	945.8	1.203	5767	4542	1546
9.45	6.2	941.0	1.197	7306	6080	9.08	7.0	531.2	0.676	5433	4551	1529
9.19	6.5	528.0	0.672	6949	6064	9.14	7.0	529.1	0.674	5429	4545	1519
9.26	6.5	528.5	0.673	6943	6054	9.45	6.6	947.8	1.205	5772	4541	1513

Temperatura	Ampiezza (in parti della scala)	Pressione	D	Durata di oscill. osservata $0^s.507$	$s - \frac{1}{16} A^2 s - 50\,T - 625\,D$ $0^s.507$	Temperatura	Ampiezza	Pressione	D	Durata di oscill. osservata $0^s.507$	$s - \frac{1}{16} A^2 s - 50\,T - 625\,D$ $0^s.507$	Δs
					CAMERA I						CAMERA II	
					26 Marzo 1912							
					Pendolo 150						*Pendolo 148*	
°	p	mm				°		mm				
9,59	6.6	955.9	1.215	4891	3647	9.49	6.6	959.9	1.221	5779	4536	−889
9.60	6.5	957.5	1.217	4889	3644	9.21	7.0	543.0	0.691	5443	4544	900
9.39	6.8	544.4	0.692	4550	3641	9.30	6.9	543.2	0.691	5445	4542	901
9.45	6.8	544.2	0.692	4555	3643	9.64	6.6	960.4	1.221	5789	4540	897
					27 Marzo							
					Pendolo 149						*Pendolo 148*	
9.70	6.3	944.2	1.212	6790	5542	9.61	6.6	956.3	1.215	5795	4550	992
9.71	6.3	955.5	1.214	6774	5524	9.31	7.1	539.5	0.686	5451	4550	974
9.49	6 1	542.8	0.690	6437	5527	9.40	7.0	537.2	0.683	5452	4549	978
9.56	6.9	539.4	0.686	6431	5518	9.72	6.5	955.2	1.214	5791	4541	977
					28 Marzo							
					Pendolo 149						*Pendolo 150*	
9.85	6.0	948.8	1.201	6774	5526	9.74	6.3	950.8	1.208	4883	3636	1890
9.85	6 5	949 1	1.205	6767	5516	9.48	7.0	532.3	0.677	4546	3643	1873
9.64	6.2	536.6	0.682	6437	5524	9.56	6.9	533.3	0.678	4557	3649	1875
9.71	6.3	535.8	0.681	6439	5522	9.87	6.5	951.4	1.208	4885	3631	1891

Con questi dati vennero formati i seguenti gruppi di equazioni:

$$\begin{aligned} x - 1.199\,\delta_{147} + 1.205\,\delta_{149} + 532 &= v_1 \\ x - 1.205 \quad + 0.668 \quad + 538 &= v_2 \\ x - 0.671 \quad + 0.671 \quad + 528 &= v_3 \\ x - 0.669 \quad + 1.200 \quad + 534 &= v_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x - 1.201\,\delta_{147} + 1.201\,\delta_{150} + 2443 &= v_1 \\ x - 1.195 \quad + 0.670 \quad + 2424 &= v_2 \\ x - 0.670 \quad + 0.668 \quad + 2410 &= v_3 \\ x - 0.669 \quad + 1.195 \quad + 2419 &= v_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x - 1.199\,\delta_{147} + 1.203\,\delta_{148} + 1546 &= v_1 \\ x - 1.197 \quad + 0.676 \quad + 1529 &= v_2 \\ x - 0.672 \quad + 0.674 \quad + 1519 &= v_3 \\ x - 0.673 \quad + 1.205 \quad + 1513 &= v_4 \end{aligned}$$

$$
\begin{array}{llll}
x - 1.215\,\delta_{150} & + 1.221\,\delta_{148} & - 889 = v_1 \\
x - 1.217 & + 0.691 & - 900 = v_2 \\
x - 0.692 & + 0.691 & - 901 = v_3 \\
x - 0.692 & + 1.221 & - 897 = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
x - 1.212\,\delta_{149} & + 1.215\,\delta_{148} & + 992 = v_1 \\
x - 1.214 & + 0.686 & + 974 = v_2 \\
x - 0.690 & + 0.683 & + 978 = v_3 \\
x - 0.686 & + 1.214 & + 977 = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
x - 1.201\,\delta_{149} & + 1.208\,\delta_{150} & + 1890 = v_1 \\
x - 1.205 & + 0.677 & + 1873 = v_2 \\
x - 0.682 & + 0.678 & + 1875 = v_3 \\
x - 0.681 & + 1.208 & + 1891 = v_4
\end{array}
$$

Poichè in ciascun gruppo di equazioni la x ha sempre per coefficiente l'unità, essa potrà eliminarsi, sottraendo da ciascuna equazione la media delle quattro equazioni del gruppo. La risoluzione di ciascun gruppo di equazioni col metodo dei minimi quadrati sarà, con ciò, di molto semplificata, perchè oltre ad aversi una incognita di meno, risulteranno ridotti più piccoli i coefficienti e, in particolare, i termini noti. La completa equivalenza di questo procedimento più semplice a quello consueto non solo per quanto riguarda i valori delle due rimanenti incognite, ma anche per quanto si riferisce ai loro errori medî ed ai loro pesi, venne dimostrata dal Helmert (1).

Si ottengono, con ciò, i seguenti gruppi di equazioni:

$$
\begin{array}{lll}
- 0.263\,\delta_{147} + 0.269\,\delta_{149} & - 1 = v_1 \\
- 0.269 & - 0.268 & + 5 = v_2 \\
+ 0.265 & - 0.265 & - 5 = v_3 \\
+ 0.267 & + 0.264 & + 1 = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lll}
- 0.267\,\delta_{147} + 0.267\,\delta_{150} & + 19 = v_1 \\
- 0.261 & - 0.264 & = v_2 \\
+ 0.264 & - 0.266 & - 14 = v_3 \\
+ 0.265 & + 0.262 & - 5 = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lll}
- 0.264\,\delta_{147} + 0.264\,\delta_{148} & + 19 = v_1 \\
- 0.262 & - 0.263 & + 2 = v_2 \\
+ 0.263 & - 0.265 & - 8 = v_3 \\
+ 0.262 & + 0.266 & - 14 = v_4
\end{array}
$$

1) F. R Helmert, *Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate*, pag. 161, Leipzig, 1872. Vedi anche W. Jordan, *Handbuch der Vermessungskunde*, 1er Band, pag. 151, Dritte Aufl., Stuttgart, 1888. L'argomento venne ripreso ed ampiamente trattato, con diversi esempî, da B. Viaro. *Sopra un procedimento che può in qualche caso venire utilizzato nella trattazione coi minimi quadrati di una serie di equazioni*, ecc. Rivista di fisica, matematica e scienze naturali, Pavia, 1910.

$$
\begin{array}{llll}
-0.261\,\delta_{150} & +0.265\,\delta_{148} & +\ 8 = v_1 \\
-0.263 & -0.265 & -\ 3 = v_2 \\
+0.262 & -0.265 & -\ 4 = v_3 \\
+0.262 & +0.265 & = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
-0.262\,\delta_{149} & +0.266\,\delta_{148} & +12 = v_1 \\
-0.264 & -0.263 & -\ 6 = v_2 \\
+0.260 & -0.266 & -\ 2 = v_3 \\
+0.264 & +0.265 & -\ 3 = v_4
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
-0.259\,\delta_{149} & +0.265\,\delta_{150} & +\ 8 = v_1 \\
-0.263 & -0.266 & -\ 9 = v_2 \\
+0.260 & -0.265 & -\ 7 = v_3 \\
+0.261 & +0.265 & +\ 9 = v_4
\end{array}
$$

La risoluzione di queste equazioni conduce ai seguenti risultati:

$\delta_{147} = 632.6$	$\delta_{148} = 614.8$	$\delta_{149} = 625.0$	$\delta_{150} = 598.7$
660.8	610.8	635.4	633.6
665.9	611.1	622.2	593.9
$\delta_{147} = 653.1 \pm 10.4$	$\delta_{148} = 612.2 \pm 1.3$	$\delta_{149} = 627.5 \pm 4.0$	$\delta_{150} = 608.7 \pm 12\,5$

Prendendo la media semplice dei valori determinati per i singoli pendoli, si potrà assumere quale costante comune di pressione il valore

$$\delta = 625.4 \pm 10\,.$$

Sostituendo questo valore nella (1), se ne ricava (coi dati di Vienna: $\varphi = 48°.12'.40''$; $H = 181^m.6$):

$$k = 0.582.$$

Helmert, con vecchi pendoli di Sterneck, aveva trovato [1].

$$k = 0.496.$$

Il coefficiente di temperatura. — Sia s la durata d'oscillazione del pendolo di osservazione, già ridotta per l'ampiezza e per la pressione atmosferica, e si supponga che alla temperatura T esso presenti la lunghezza l. Se si indicano con s_0 ed l_0 le analoghe grandezze alla temperatura 0°, e con α il coefficiente di dilatazione lineare del metallo da cui è costituito il pendolo, si avrà

$$s_0 = \pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}\quad,\quad s = \pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}(1+\alpha T)^{\frac{1}{2}}$$

$$s_0 = s - \left(\frac{1}{2}\alpha s\right)T\,;$$

[1] F. R. Helmert, *Die Schwerkraft im Hochgebirge.* Veröff. d. k. Preuss. Geod. Institutes, Berlin, 1890.

ossia, posto

$$Y = \frac{1}{2}\alpha s \,, \tag{1}$$

$$s_0 = s - YT \,.$$

La linearità di questa espressione, nel ridurre a 0° la durata d'oscillazione del pendolo, è da ritenersi sufficiente tutte le volte che sia sufficiente la formola lineare nell'esprimere la dilatazione del pendolo, e possano ritenersi trascurabili i termini contenenti i quadrati e le potenze snperiori di α. Attesa però la difficoltà di determinare con abbastanza precisione e per ogni pendolo il coefficiente α, conviene determinare Y ricorrendo alla esperienza.

Si ponga

$$Y = 50 + y,$$

essendo 50 un valore prossimo della costante Y. Sarà

$$s_0 = s - 50\,T - y\,T \,;$$

ed indicando con S_0 la durata di oscillazione di un pendolo di riferimento già ridotta a 0° (del quale, quindi, già sia noto il coefficiente di temperatura), si avrà

$$s_0 - S_0 = (s - 50\,T) - S_0 - y\,T \,;$$

ossia, ponendo

$$S_0 - s_0 = x \qquad (S - 50\,T) - S_0 = \Delta s \,,$$

$$x - y\,T + \Delta s = 0 \,.$$

Portando successivamente il pendolo di osservazione a diverse temperature, si avranno tante di queste equazioni dalle quali potranno ricavarsi i valori di x ed y.

Le osservazioni furono fatte dagli operatori dell' Istituto geografico militare di Vienna nel novembre e dicembre 1911. Il pendolo d'esperienza veniva collocato sotto una campana nella quale con opportuni dispositivi la temperatura poteva essere variata entro limiti abbastanza estesi.

I dati originali di osservazione sono contenuti nel seguente specchio. Il pendolo di riferimento X ha la costante di pressione $\delta = 623.3$ e la sua costante di temperatura venne assunta $= 50.0$. Per i pendoli d'esperienza venne ritenuta la costante di pressione $\delta = 625.4$ determinata precedentemente. Tenendo il pendolo di riferimento a temperatura presso che costante, quella dei pendoli studiati venne variata secondo il seguente schema:

Temperatura: *bassa, alta, alta, bassa*; *bassa, alta, alta, bassa.*

Per ogni pendolo si ottennero, così, otto equazioni generate.

Le durate di oscillazione vennero determinate con due orologi, prendendosi la media dei due risultati.

DATA 1911	Ampiezza	Temperatura	Pressione	Durata di oscillaz. osservata $0^s.507$	$s - \frac{1}{16} A^2 s - 623.3\,D - 50\,T$ $0^s.507$	Ampiezza	Temperatura	Pressione	Durata di oscillaz. osservata $0^s.507$	$s - \frac{1}{16} A^2 s - 625.4\,D - 50\,T$ $0^s.507$	Δs
	Pendolo X (di riferimento)					*Pendolo 147*					
		°	mm				°	mm			
29 Novembre	4.9	8.40	747.9	5651	4633	4.0	10.50	747.9	7423	6303	+1670
30 »	5.2	8.48	744.5	5635	4616	4.9	38.17	738.2	8749	6305	1689
30 »	4.9	8.67	744.3	5660	4631	4.5	38.35	737.9	8754	6303	1672
30 »	5.0	8.53	743.9	5649	4627	4.7	9.62	743.9	7345	6271	1644
6 Dicembre	4.8	9.28	740.8	5695	4640	4.1	10.50	740.8	7407	6293	1653
6 »	4.9	9.46	740.2	5728	4665	4.5	38.85	734.1	8800	6327	1662
7 »	4.9	9.58	740.2	5696	4628	4.6	38.91	734.0	8759	6283	1655
7 »	5.0	9.48	741.2	5703	4639	3.8	12.50	741.2	7503	6293	1654
	Pendolo X					*Pendolo 148*					
30 Novembre	4.8	8.80	743.9	5662	4628	3.6	9.77	743.9	5676	4596	32
1 Dicembre	4.8	9.14	743.0	5673	4623	5.2	38.19	736.0	7046	4603	— 20
1 »	4.7	9.22	743.0	5683	4630	5.0	38.31	736.9	7067	4617	— 13
1 »	4.9	8.60	743.0	5652	4628	5.1	11.56	743.1	5772	4604	— 24
5 »	4.8	8.77	742.8	5662	4630	5.8	10.50	742.8	5751	4634	+ 4
6 »	4.8	9.15	742.0	5689	4640	6.1	38.78	735.8	7100	4627	— 13
6 »	4.8	9.31	741.3	5701	4644	5.9	38.45	735.0	7100	4644	0
6 »	5.0	9.23	740.3	5697	4645	5.1	10.54	740.3	5735	4618	— 27
	Pendolo X					*Pendolo 149*					
1 Dicembre	4.8	8.44	743.3	5661	4645	4.5	10.57	743.3	6752	5633	+ 988
2 »	4.7	9.07	745.2	5670	4622	4.9	38.00	739.0	8067	5631	1009
2 »	4.9	9.29	745.4	5675	4616	5.2	37.84	738.9	8073	5644	1028
2 »	4.6	8.81	745.2	5677	4642	5.3	9.95	745.2	6708	5616	974
3 »	4.8	8.37	747.5	5649	4632	5.3	10.48	747.5	6737	5618	986
5 »	4.9	8.29	743.3	5689	4679	5.5	34.57	737.7	7919	5649	970
5 »	5.0	8.30	743.3	5683	4673	5.4	34.64	738.2	7906	5632	959
5 »	5.0	8.75	742.7	5669	4638	5.3	11.27	742.7	6789	5636	998
	Pendolo X					*Pendolo 150*					
1 Dicembre	4.8	9.10	745.6	5672	4622	5.1	9.96	745.6	4777	3684	— 938
» »	4.5	9.27	747.2	5680	4621	5.7	37.12	741.4	6101	3705	916
» »	4.8	9.41	747.2	5685	4619	5.5	37.44	741.2	6100	3689	930
» »	4.6	8.38	747.3	5654	4637	5.3	11.14	747.3	4832	3681	956
» »	4.9	9.54	741.1	5709	4642	4.7	12.15	741.1	4907	3714	928
» »	5.0	9.61	733.9	5696	4631	5.0	38.90	727.8	6159	3687	944
» »	5.0	9.77	734.4	5705	4631	5.2	38.75	727.8	6171	3707	924
» »	4.9	9.55	734.6	5710	4647	4.9	9.56	734.6	4789	3725	922

Con questi dati si formarono i seguenti gruppi di equazioni:

Pendolo 147.

	$x - 10.50\,y + 1670 = v_1$	$+ 14.17\,y + 8 = v_1$	
	$x - 38.17 + 1689 = v_2$	$- 13.50 + 27 = v_2$	
	$x - 38.35 + 1672 = v_3$	$- 13.68 + 10 = v_3$	
	$x - 9.62 + 1644 = v_4$	$+ 15.05 - 18 = v_4$	
	$x - 10.50 + 1653 = v_5$	$+ 14.17 - 9 = v_5$	
	$x - 38.85 + 1662 = v_6$	$- 14.18 = v_6$	
	$x - 38.91 + 1655 = v_7$	$- 14.24 - 7 = v_7$	
	$x - 12.50 + 1654 = v_8$	$+ 12.17 - 8 = v_8$	
Media . . .	$x - 24.67\,y + 1662 = 0$	$y = + 0.506$	$m_y = \pm 0.33$

Pendolo 148.

	$x - 9.77\,y - 32 = v_1$	$+ 14.74\,y - 16 = v_1$	
	$x - 38.19 - 20 = v_2$	$- 13.68 - 4 = v_2$	
	$x - 38.31 - 13 = v_3$	$- 13.80 + 3 = v_3$	
	$x - 11.56 - 24 = v_4$	$+ 12.95 - 8 = v_4$	
	$x - 10.50 + 4 = v_5$	$+ 14.01 + 20 = v_5$	
	$x - 38.78 - 13 = v_6$	$- 14.27 + 3 = v_6$	
	$x - 38.45 = v_7$	$- 13.94 + 16 = v_7$	
	$x - 10.54 - 27 = v_8$	$+ 13.97 - 11 = v_8$	
Media . . .	$x - 24.51\,y - 16 = 0$	$y = + 0.297$	$m_y = \pm 0.33$

Pendolo 149.

	$x - 10.57\,y + 988 = v_1$	$+ 12.84\,y - 1 = v_1$	
	$x - 38.00 + 1009 = v_2$	$- 14.59 + 20 = v_2$	
	$x - 37.84 + 1028 = v_3$	$- 14.43 + 39 = v_3$	
	$x - 9.95 + 974 = v_4$	$+ 13.46 - 15 = v_4$	
	$x - 10.48 + 986 = v_5$	$+ 12.93 - 3 = v_5$	
	$x - 34.57 + 970 = v_6$	$- 11.16 - 19 = v_6$	
	$x - 34.64 + 959 = v_7$	$- 11.23 - 30 = v_7$	
	$x - 11.27 + 998 = v_8$	$+ 12.14 + 9 = v_8$	
Media . . .	$x - 23.41\,y + 989 = 0$	$y = + 0.338$	$m_y = \pm 0.65$

Pendolo 150.

	$x - 9.96\,y - 938 = v_1$	$+ 14.42\,y - 6 = v_1$	
	$x - 37.12 - 916 = v_2$	$- 12.74 + 16 = v_2$	
	$x - 37.44 - 930 = v_3$	$- 13.06 + 2 = v_3$	
	$x - 11.14 - 956 = v_4$	$+ 13.24 - 24 = v_4$	
	$x - 12.15 - 928 = v_5$	$+ 12.23 + 4 = v_5$	
	$x - 38.90 - 944 = v_6$	$- 14.52 - 12 = v_6$	
	$x - 38.75 - 924 = v_7$	$- 14.37 + 8 = v_7$	
	$x - 9.56 - 922 = v_8$	$+ 14.82 + 10 = v_8$	
Media . . .	$x - 24.38\,y - 932 = 0$	$y = + 0.251$	$m_y = \pm 0.35$

Da ognuno dei gruppi di equazioni scritte a sinistra venne eliminata la x col metodo precedentemente usato, ottenendosi le equazioni scritte a destra. Si ebbero così, in corrispondenza dei quattro pendoli, i seguenti valori della costante di temperatura:

Pendolo	147	$Y = 50{,}51$
»	148	,30
»	149	,34
»	150	.25

$$Y = 50{,}35 \pm 0.06$$

L'errore medio è calcolato in funzione delle differenze fra i singoli valori e la loro media.

Poichè i pendoli sono ricavati dallo stesso bronzo, sostituendo in (1) per ciascuno di essi i corrispondenti valori di Y e di s, si dovrebbero trovare gli stessi valori di α. Coi dati

$$s_{147} = 0^s.50760$$
$$s_{148} = 0\ .50745$$
$$s_{149} = 0\ .50755$$
$$s_{150} = 0\ .50736$$

si trova

$$\alpha = 0.00001990$$
$$1982$$
$$1984$$
$$1981$$

$$\alpha = 0.00001984$$

Siccome nella espressione teorica del coefficiente Y figura a fattore la durata d'oscillazione s, ne segue che esso varia da luogo a luogo. Passando da una stazione (φ H) ad un'altra (φ' H'), si avrà

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{s'}{s},$$

$$Y' = \frac{1 - 0.001325 \cos 2\varphi - \frac{H}{R}}{1 - 0.001325 \cos 2\varphi' - \frac{H'}{R}} Y.$$

Nel passaggio da Vienna a Roma si avrà quindi

$$Y' = 1.00027\ Y.$$

La variazione di Y è di appena 0,01; quindi, è trascurabile.

Determinazioni di tempo e confronti degli orologi.

VIENNA.

Primo periodo di osservazioni. — Coll'apparato delle coincidenze venne collegato l'orologio a secondi *Tiede*. I suoi andamenti diurni vennero ricavati dai confronti cogli orologi *Sterneck*, *Rapf* 122, e *Rapf* 9071, le correzioni dei quali venivano determinate mediante osservazioni allo strumento dei passaggi nella Sezione astronomica dell'Istituto geografico militare. Tali andamenti risultano dal seguente specchio:

Orologio Tiede.

DATA 1912	Tempo	Correzione	Andamento diurno
	h m s	m s	s
Marzo 30 a. m. . .	13. 35. 34, 16	— 1. 17, 71	— 0.18
» 30 a. m. . .	0. 16. 00, 00	1. 17, 79	0.20
» 31 a. m. . .	0. 16. 00, 00	1. 17, 99	0.26
Aprile 1 a. m. . .	0. 24. 59, 70	1. 18, 25	0.34
» 2 a. m. . .	0. 37. 30, 00	1. 18, 59	0.21
» 3 a. m. . .	0. 38. 59, 71	1. 18, 80	0.04
» 4 a. m. . .	0. 38. 58, 54	1. 18, 84	0.05
» 4 p. m. . .	10. 1. 28, 12	1. 18, 86	

Nel determinare questi andamenti si è tenuto conto delle differenze fra la pressione atmosferica ed il suo valor normale.

Assumendo il tempo come ascissa e l'andamento come ordinata, venne costruita la curva rappresentatrice del modo di variazione dell'andamento stesso; ed i valori adoperati in corrispondenza agli intervalli delle osservazioni pendolari, vennero ricavati dalla curva per interpolazione.

Essi sono qui riassunti:

Data	Intervalli di tempo siderale	Andamenti
1912 marzo 30	$18^h.44^m$ — $22^h.29^m$	— $0^s.20$
» » 31	7 . 8 — 10 .42	— 0 .22
» » 31	18 .41 — 22 .14	— 0 .25
» aprile 1	6 .41 — 10 .14	— 0 .30
» » 1	18 .29 — 21 .54	— 0 .34
» » 2	7 . 4 — 10 .45	— 0 .31
» » 2	18 .46 — 22 .22	— 0 .24
» » 3	7 .16 — 10 .36	— 0 .15
» » 3	17 .22 — 20 .40	— 0. .06
» » 4	8 .56 — 12 .34	— 0 .04

Questa accurata trattazione è opera del capitano Andres e del luogotenente Pitsch.

Secondo periodo. — Quale orologio delle coincidenze venne assunto il *Rapf* 121, il quale venne pure adoperato nelle osservazioni astronomiche. Il primo giorno (4 settembre), a causa di una interruzione nel circuito elettrico, le osservazioni si dovettero però fare ad orecchio, adoperando il cronometro *Fischer:* gli altri giorni si adoperò normalmente il *Rapf.* I risultati delle osservazioni sono riassunti nel seguente specchio:

Data 1912	Numero delle stelle osservate	Fischer			Rapf 121			Andamento diurno del Rapf 121	
		Tempo T	Correzione ΔT	$m_{\Delta T}$	Tempo T	Correzione ΔT	$m_{\Delta T}$	a	m_a
		h m	m s		h m	m s			
Settembre 4	9	20.19.6	+ 3.03,94	± 0.03	[19.53]	[— 0 46,19]	± 0.03	— 0.17	± 0.04
» 5	8	—	—	—	18.25	— 0.46,35	0.02	— 0.075	0.01
» 7	9	—	—	—	18.16	— 0.46,50	0.01		

La correzione del *Rapf* per il 4 settembre, segnata fra parentesi nella penultima colonna, venne ricavata dai suoi confronti col *Fischer.*

Osservazioni astronomiche e confronti degli orologi sono dovuti al capitano Langenbacher della Sezione astronomica dell' Istituto geografico militare.

Roma.

Primo periodo. — Le osservazioni di tempo vennero fatte con lo strumento dei passaggi *Bamberg* ed adoperando il pendolo astronomico *Dent*, il quale, sia per la sua bontà già più volte sperimentata, sia perchè sistemato nell'antica sala delle misure gravimetriche, ad una temperatura pressochè costante, dava le maggiori garanzie di regolare andamento.

I risultati delle osservazioni sono riassunti nel seguente specchio:

Data 1912	Stelle osservate		Tempo del Dent	Correzione del Dent		Andamento diurno	
	orarie	polari	T	ΔT	$m_{\Delta T}$	a	m_a
			h m	s	s		
Luglio 16	6	1	15.39,0	— 63.680	± 0.023		
» 17	6	2	15.55,0	64.002	0.030	s — 0.615	s ± 0.037
» 18	3	2	15.38,0	64.590	0.050	0.595	0.059
» 19	6	2	15.50,0	65.308	0.027	0.712	0.056
» 21	8	2	15.46,0	66.475	0.014	0.584	0.015

Gli errori medî delle correzioni ΔT vennero determinati facendo le differenze fra i risultati ottenuti dalle singole orarie e la loro media. E poichè gli andamenti diurni sono espressi da

$$a = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{T_2 - T_1} \qquad (T_2 - T_1 \text{ espresso in giorni}),$$

il loro errore medio venne calcolato colla formola

$$m_a = \frac{\sqrt{m^2_{\Delta T_1} + m^2_{\Delta T_2}}}{T_2 - T_1}.$$

Le osservazioni delle coincidenze e le misure delle durate d'oscillazione dei pendoli gravimetrici erano riferite all'orologio *Hawelk*, sistemato nel sotterraneo in prossimità dell'apparato delle coincidenze. Al principio ed al termine della osservazione di ogni serie di quattro pendoli, venne perciò fatto un confronto fra il *Dent* e l'*Hawelk*, per mezzo di un cronografo a punte di *Cavignato*. Si facevano sulla striscia almeno dieci letture, i cui piccoli disaccordi dimostravano che la differenza $T_c - T$ (fra l'orologio delle coincidenze e l'orologio *Dent*) poteva ritenersi determinata entro $0^s.01$.

La seguente tabella contiene i risultati dei confronti:

Data 1912	Confronti Hawelk	Confronti Dent	Correzione del Dent	Tempo siderale all'istante del confronto	Correzione dell'Hawelk	Andamento diurno dell'Hawelk a_c	Andamento diurno dell'Hawelk m_{a_c}
	h m s	h m s	s	h m s	s	s	
Luglio 17 . . .	3.42.0,00	3.43.26,40	— 63,69	3.42.22,71	+ 22,71	+ 1,47	± 0,05
» 17 . . .	13.30	13.31.27,25	,94	13.30.23,31	23,31		
» 18 . . .	2.56	2.57.28,46	— 64,27	2.56.24,19	24,19	+ 1,47	0,07
» 18 . . .	13.53	13.54.29,40	,54	13.53.24,86	24,86		
» 19 . . .	3.17	3.18.30,55	,94	3.17.25,61	25,61	+ 1,10	0,06
» 19 . . .	14.48	14.49.31,42	— 65,28	14.48.26,14	26,14		
» 20 . . .	3.17	3.18 32,39	,59	3.17.26,80	26,80	+ 1,16	0,03
» 20 . . .	14.54	14.55.33,23	,87	14.54.27,36	27,36		
» 21 . . .	3.20	3.21.34,17	— 66.17	3.20 28,00	28.00	+ 1,12	0,03
» 21 . . .	14.31	14.32.34,96	,44	14.31.28,52	28,52		

La formola colla quale vengono calcolati gli errori medî degli andamenti per l'orologio delle coincidenze, registrati nell'ultima colonna, si può ottenere nel seguente modo. Se ΔT è la correzione del pendolo *Dent* per il tempo T_0, ed a il suo andamento, si ottiene l'andamento a_c dell'orologio delle coincidenze effettuando due confronti così:

Orologio delle osservazioni astronomiche	Orologio delle coincidenze	Tempo siderale nell'istante del confronto	Correzione dell'orologio delle coincidenze
T	T_c	$T + \Delta T + (T - T_0)\,a$	$T_c - \{T + \Delta T + (T - T_0)\,a\}$
T′	T'_c	$T' + \Delta T + (T' - T_0)\,a$	$T'_c - \{T' + \Delta T + (T' - T_0)\,a\}$

$$a_c = \frac{(T'_c - T') - (T_c - T) - (T' - T)\,a}{T'_c - T_c}$$

Il rapporto $\frac{T' - T}{T'_c - T_c}$ si può porre $= 1$, essendo entrambi gli orologi regolati a tempo siderale. Ne segue

$$a_c = \frac{(T'_c - T') - (T_c - T)}{T'_c - T_c} - a .$$

Le due differenze $T_c - T$, $T'_c - T'$ si ottengono dalla lettura della striscia cronografica, e, come si disse, possono determinarsi colla approssimazione di $0^s.01$: sarà quindi

$$m_{a_c} = \sqrt{\frac{2(0^s.01)^2}{(T'_c - T_c)^2} + m_a^2} .$$

Questa formola mostra che non bisogna impiccolire troppo l'intervallo $T'_c - T_c$ tra i due confronti, altrimenti l'errore di lettura della striscia cronografica, per quanto piccolo, farebbe risentire troppo nocivamente la sua influenza. Ogni giorno si osservavano due serie di quattro pendoli, e si faceva un confronto al principio ed al termine di ogni serie: in tutto, quattro confronti. Da principio si erano calcolati gli andamenti a_c accoppiando i primi due e gli ultimi due confronti. Ma per la ragione qui indicata, si ritenne poi più corretto di accoppiare solo il primo e l'ultimo confronto, e solo questi vennero riportati nello specchio precedente.

Secondo periodo. — Le correzioni e gli andamenti dell'orologio *Dent* risultano dalla seguente tabella:

Data 1912	Stelle osservate orarie	Stelle osservate polari	Tempo del Dent T	Correzioni del Dent ΔT	Correzioni del Dent $m_{\Delta T}$	Andamenti diurni a	Andamenti diurni m_a
			h m	s	s	s	s
Agosto 8	7	2	16.45,0	— 1.17,599	± 0,010	— 0,512	± 0,015
» 9	8	2	16.45,0	— 1.18,111	± 0,011		
» 10	7	2	16.45,0	— 1.18,648	± 0,018	— 0,537	± 0,021

I confronti occorrenti per il calcolo degli andamenti diurni dell'orologio *Hawelk* sono qui riassunti:

Data 1912	Confronti Hawelk	Confronti Dent	Correzioni del Dent	Tempo siderale all'istante del confronto	Correzioni dello Hawelk	Andamento diurno dell'Hawelk a_c	Andamento diurno dell'Hawelk m_{a_c}
	h m s	h m s	m s	h m s	m s	s	s
Agosto 9 . . .	5.09.00,00	5.09.16,50	— 1.17,86	5.07.58,64	— 1.01,36	— 0,97	± 0,03
» 9 . . .	15.56	15.56.16,30	— 1.18,09	15.54.58,20	— 1.01,80		
» 10 . . .	5.09	5.09.15,90	— 1.18 39	5.07.57,51	— 1.02,49		
» 10 . . .	15.30	15.30.15,60	— 1.18,62	15.28.56,98	— 1.03,02	— 1,24	0,04

Terzo periodo. — Le correzioni e gli andamenti del *Dent*, ottenuti sempre con osservazioni allo strumento dei passaggi di *Bamberg*, sono qui riportati:

Data 1912	Stelle osservate orarie	Stelle osservate polari	Tempo del Dent T	Correzioni del Dent ΔT	Correzioni del Dent $m_{\Delta T}$	Andamenti diurni a	Andamenti diurni m_a
			h m	m s	s	s	s
Ottobre 16	7	2	20.0	- 3.02,459	± 0,022	— 2,107	± 0,024
» 17	8	2	20.0	4,566	11		
» 18	8	2	20.0	8,909	15	— 2,171	09
» 28	11	1	21.0	— 3.29,168	0,019	— 2,016	0,022
» 29	12	2	21.0	31,184	11		
» 30	10	2	21.0	33,253	13	— 2,069	17

In base ai confronti fra il *Dent* e l'*Hawelk*, si calcolarono gli andamenti diurni di quest'ultimo orologio:

Data 1912	Confronti Hawelk	Confronti Dent	Correzione del Dent	Tempo siderale all'istante del confronto	Correzione dello Hawelk	Andamento diurno dell'Hawelk a_c	Andamento diurno dell'Hawelk m_{a_c}
	h m s	h m s	m s	h m s	m s	s	s
Ottobre 18 . . .	9.45.0,00	9.47.04,20	— 3.05,81	9 43.58,39	— 1.01,61	— 1,90	± 0,04
» 18 . . .	18.38	18.40.04,30	6,61	18.36.57,69	2,31		
» 19 . . .	9.51	9.53.04,50	7,99	9.49.56,51	3,49	— 1,80	0,04
» 19 . . .	19.05	19.07.04,64	8,82	19.03.55,82	4,18		
» 29 . . .	10.23	10.25.22,71	— 3.30,29	10.21.52,42	— 1.07,58	+ 3,93	0,04
» 29 . . .	22.21	22.23.25,68	31,30	22.19.54,38	5,62		
» 30 . . .	10.46	10.48.28,72	32,37	10.44.56,35	3,65	+ 3,93	0,04
» 30 . . .	21.46	21.48.31,47	33,32	21.44.58,15	1,85		

Arcetri.

Le determinazioni di tempo furono cortesemente effettuate dal dott. B. Viaro, astronomo dell'Osservatorio, con osservazioni di stelle fondamentali al Piccolo Meridiano, ed usando il micrometro auto-registratore. Esse vennero riferite al pendolo normale dell'Osservatorio. Gli azimut e le correzioni medie si ottennero per ciascuna sera, trattando coi minimi quadrati le equazioni di condizione ricavate dalle osservazioni delle singole stelle.

Data 1912	Stelle osservate orarie	Stelle osservate polari	Tempo del pendolo normale T	Correzioni del normale ΔT	Correzioni del normale $m_{\Delta T}$	Andamenti diurni a	Andamenti diurni m_a
			h m			s	s
Luglio 23	4	—	19.31	+ 6 554	± 0,009	— 0,166	± 0,013
» 24	7	1	19.04	6 391	10	— 0,138	17
» 25	3	1	18.35	6,256	15	+ 0,013	19
» 26	8	1	18.24	6.269	09	— 0,133	16
» 27	5	1	16.53	6.145	12		

Gli andamenti dell'orologio *Hawelk* vennero dedotti da quelli del *Normale* per mezzo dei seguenti confronti:

Data 1912	Confronti		Correzione del Normale	Tempo siderale all'istante del confronto	Correzione dello Hawelk	Andamento diurno dell'Hawelk	
	Hawelk	Normale				a_c	m_{a_c}
	h m s	h m s	s	h m s	s	s	s
Luglio 25 . . .	3.35.00,00	3.34.59,74	+ 6,35	3.35.06,09	+ 6,09	- 1,99	± 0,03
» 25 . . .	15 45	15.44.58,80	,28	15.45.05,08	5,08		
» 26 . . .	3.21	3.20.57,86	,26	3.21.04,12	4,12	— 2,12	0,03
» 26 . . .	16.48	16.47.56,66	,27	16.48.02,93	2,93		

Livorno.

Le osservazioni di tempo vennero compiute da noi stessi collo strumento dei passaggi di *Cooke* della R. Accademia Navale. Lo strumento, montato sotto una cupola girevole, non veniva adoperato da lungo tempo. Si dovette perciò impiegare la prima notte alla sua rettificazione, avendo trovato una deviazione, in azimut, di -105^s.

Essendosi adottato il procedimento dell'inversione del cannocchiale durante il passaggio di ogni stella, allo scopo di eliminare l'influenza dell'errore di collimazione, si voleva lasciare sempre sospesa nella stessa posizione la livella; ma un attento esame dei perni dimostrò che essi presentavano una troppo sensibile differenza di diametro.

Le inclinazioni dell'asse determinate nelle due posizioni — cerchio est e cerchio ovest — presentavano la seguente differenza:

$$C.O - C.E = + 3^p.5 ,$$

dimostrando essere maggiore il diametro del perno situato dalla parte del cerchio cercatore. Il valore della parte della livella, determinato più tardi all'esaminatore di livelle del R. Istituto Idrografico di Genova, venne trovato

$$= 1''.28 = 0^s.085.$$

Per eliminare la influenza della diseguaglianza dei perni, si ritenne quindi più conveniente di determinare la inclinazione dell'asse mediante inversioni della livella, tanto prima quanto dopo il passaggio di ogni stella, cioè in corrispondenza alle due posizioni coniugate del cannocchiale, prendendo la media dei due risultati.

Come orologio di riferimento venne adoperato lo stesso *Hawelk*, sistemato nel sotterraneo delle osservazioni gravimetriche, e collegato elettricamente col cronografo; ma poichè l'*Hawelk* non presenta interruzione ad ogni minuto intero, si adoperò come conta-secondi un cronometro di *Kullberg*, interrompendo a mano, ad ogni minuto intero, le registrazioni del cronografo.

I risultati delle osservazioni di tempo e gli andamenti dell'*Hawelk* sono qui riassunti:

Data 1912	Stelle osservate orarie	Stelle osservate polari	Tempo dell'Hawelk T	Correzione dell'Hawelk ΔT	Correzione dell'Hawelk $m_{\Delta T}$	Andamento diurno a	Andamento diurno m_a
			h m	m s	s	s	s
Luglio 29	4	1	18.00	— 3.45,81	± 0,05		
» 30	5	1	18.00	— 3.44,87	0,06	+ 0,94	± 0.08
» 31	9	2	18.00	— 3.42,72	0,03	+ 2,15	0.07
Agosto 1	11	3	18.00	— 3.40,10	0,03	+ 2,62	0.04

Poichè l'andamento dell'*Hawelk* è risultato variabile nei tre giorni, si è reputato conveniente di determinare per interpolazione grafica i valori da adottarsi per i periodi delle osservazioni pendolari. Assumendo perciò il tempo come ascissa e le correzioni dell'orologio come ordinate, si ottennero quattro punti sufficienti per determinare la forma approssimativa della curva rappresentatrice delle correzioni stesse. Prendendo le ordinate di questa curva in corrispondenza all'inizio ed al termine di ogni serie di osservazioni pendolari, se ne ottennero gli andamenti registrati nel seguente specchietto ed adoperati nella riduzione a tempo siderale:

Data	Intervalli di tempo siderale	Andamenti
1912 luglio 30	$4^h.40^m$ — $9^h.\ 0^m$	$+ 0^s.95$
» » 30	10 .50 — 14 .50	+ 1 .25
» » 31	4 . 0 — 9 . 0	+ 2 .21
» » 31	11 . 0 — 15 . 0	+ 2 .40
» agosto 1	4 .10 — 9 .30	+ 2 .66
» » 1	11 . 0 — 15 . 0	+ 2 .75

Genova.

Le osservazioni di tempo furono cortesemente fatte dal signor G. Ferrari, assistente del reparto « Osservazioni astronomiche e geodetiche » del R. Istituto idrografico, usando lo strumento dei passaggi *Cooke*, n. 1, a cannocchiale diretto e con oculare prismatico. Le osservazioni, riferite al pendolo astronomico *Dent*, furono registrate su un cronografo a cilindro di *Hipp.*

I risultati di tali osservazioni sono qui riassunti:

Data 1912	Stelle osservate orarie	Stelle osservate polari	Tempo del Dent T	Correzione del Dent ΔT	Correzione del Dent $m_{\Delta T}$	Andamento diurno a	Andamento diurno m_a
			h m	s	s	s	s
Agosto 3	8	1	17.31	+ 12,88	± 0,02		
» 4	8	1	17.31	13,13	0,01	+ 0,250	± 0,02
» 5	7	1	17.36	13,35	0,02	+ 0,219	0,02

L'apparato delle coincidenze venne collegato con un pendolo a mezzi secondi di *Strasser* e *Rohde*, sistemato in un locale attiguo a quello delle osservazioni gravimetriche; e poichè lo *Strasser* non presenta interruzione elettrica in corrispondenza ai minuti interi, si adoperò come contatore un cronometro *Dent*. I risultati dei confronti fra il pendolo *Dent* e lo *Strasser*, ottenuti facendo uso di un cronografo a punte di *Cavignato*, sono riassunti nella tabella seguente:

Data 1912	Confronti Strasser	Confronti Dent	Correzione del Dent	Tempo siderale all'istante del confronto	Correzione dello Strasser	Andamento diurno dello Strasser a_c	Andamento diurno dello Strasser m_{a_c}
	h m s	h m s	s	h m s	s	s	s
Agosto 4	6.07.0,00	6.06.59,35	+ 13,01	6.07 12,36	+ 12,36	+ 0,32	± 0,04
» 4	15.06	15.05.59,37	,11	15.06.12,48	,48		
» 5	6.19	6.18 59,47	,25	6.19.12,72	,72	+ 0,46	0,04
» 5	16.11	16.10 59,57	,34	16.11.12,91	,91		

Potsdam.

Le durate d'oscillazione dei pendoli gravimetrici vennero riferite all'orologio *Riefler* n. 96, dell' Istituto Geodetico, munito di pendolo in acciaio-nickel e compensato sia nei riguardi della stratificazione della temperatura, sia nei riguardi delle variazioni di pressione. I suoi andamenti vennero determinati in base ad osservazioni astronomiche ed a confronti fra i cinque orologi normali dell' Istituto. Tali andamenti, in corrispondenza ai periodi delle osservazioni pendolari, ci vennero cortesemente comunicati per lettera dal prof. B. Wanach, preposto al servizio delle determinazioni di tempo nell' Istituto. Essi sono i seguenti:

Data	Intervalli in tempo siderale	Andamenti
1912 settembre 11	$9^h.33^m$ — $13^h.27^m$	— $0^s.28$
» » 11	14 .44 — 18 .12	— 0 29
» » 12	8 .35 — 13 . 0	— 0 .30
» » 12	14 . 6 — 17 .30	— 0 .30
» » 13	9 . 0 — 13 . 0	— 0 .32
» » 13	14 . 3 — 17 .38	— 0 .32

Poichè i cinque orologi normali, in questo periodo, sono andati assai d'accordo fra loro, come errore massimo di un andamento si può ritenere $\pm 0^s.02$.

Gli errori medî degli andamenti dell'orologio usato nella determinazione delle coincidenze possono quindi riassumersi così:

Roma (1° periodo)	$\pm 0^s.048$
» (2° »)	0 .035
» (3° »)	0 .040
Arcetri	0 .030
Livorno	0 .063
Genova	0 .040
Vienna (2° periodo) . . .	0 .025
Potsdam	0 .020

Escludendo Potsdam, come stazione di riferimento, per le altre stazioni l'errore medio dell'andamento risulta $= \pm 0^s.040$. Tenendo presente che la correzione della durata d'oscillazione s in corrispondenza ad un andamento a è misurata (in unità della settima cifra decimale del secondo) da

$$+\frac{10^7 s}{86400} a,$$

ne risulta, per $s = 0^s.507$, un errore della durata d'oscillazione di 2,3 unità per una stazione generica, e di 1,2 unità per Potsdam.

Le temperature.

Vennero usati tre termometri, due dei quali forniti dalla casa *Woytaček* portanti i numeri 152 e 153, graduati in cm., ed aventi il bulbo della lunghezza di 20 cm., allo scopo di dar la temperatura media dell'aria racchiusa nella cassetta coprente l'apparato, supposto che vi si potesse produrre una stratificazione orizzontale della temperatura. Questi due termometri vennero ancora disposti l'uno in vicinanza della lastra addossata al muro, e l'altro alla distanza di 14 cm. da questa, perchè potessero rivelare eventuali stratificazioni di temperatura parallele al muro.

Entrambi i termometri furono comparati nell'Istituto geografico militare di Vienna, che ci fornì le tabelle colle temperature corrispondenti alle diverse letture.

Di ritorno dalla campagna gravimetrica, pregammo però il cav. Reggiani, direttore del Laboratorio centrale metrico in Roma, di procedere ad una seconda comparazione; e nelle due tabelle seguenti vengono riportati i risultati da lui ottenuti con la collaborazione del signor Morbidelli.

Temperature normali corrispondenti alle indicazioni in mm. del termometro Woytaček n. 152.

Centimetri	Millimetri										P. P. per i decimi di mm.			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		24		25
7	....	....	....	....	10°.36	10°.60	10°.84	11°.09	11°.33	11°.58				
8	11°.82	12°.06	12°.31	12°.55	12.80	13.04	13.29	13.53	13.78	14.02	1	2.4	1	2.5
9	14.27	14.52	14.77	15.01	15.26	15.51	15.76	16.01	16.25	16.50	2	4.8	2	5.0
10	16.75	17.00	17.25	17.50	17.75	18.00	18.25	18.50	18.75	19.00	3	7.2	3	7.5
11	19.25	19.50	19.75	20.01	20.26	20.51	20.76	21.01	21.27	21.52	4	9.6	4	10.0
12	21.77	22.02	22.27	22.53	22.78	23.03	23.28	23.53	23.79	24.04	5	12.0	5	12.5
13	24.29	24.54	24.79	25.04	25.29	25.54	25.79	26.04	26.28	26.53	6	14.4	6	15.0
14	26.78	27.03	27.28	27.52	27.77	28.02	28.26	28.51	28.75	29 00	7	16.8	7	17.5
15	29.24	29.48	29.73	29.97	30.22	30.46	30.70	...	...	...	8	19.2	8	20.0
											9	21.6	9	22.5

	26
1	2.6
2	5.2
3	7.8
4	10.4
5	13.0
6	15.6
7	18.2
8	20.8
9	23.4

TEMPERATURE NORMALI CORRISPONDENTI ALLE INDICAZIONI IN MM. DEL TERMOMETRO WOYTAČECK N. 153.

Centimetri	Millimetri										P. P. per i decimi di mm.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	25		26		27		28		29	
7	10°.36	10°.62	10°.87	11°.13	11°.38	11°.64	11°.90	12°.17	12°.43	12°.70										
8	12.96	13.23	13.50	13.78	14 05	14.32	14.60	14 88	15.16	15.44	1	2.5	1	2.6	1	2.1	1	2.8	1	2.9
											2	5.0	2	5.2	2	5.4	2	5.6	2	5.8
											3	7.5	3	7.8	3	8.1	3	8.4	3	8.7
9	15.72	16.00	16.27	16.55	16.82	17.10	17.37	17.64	17.92	18.19	4	10.0	4	10.4	4	10.8	4	11.2	4	11.6
											5	12.5	5	13.0	5	13.5	5	14.0	5	14.5
											6	15.0	6	15.6	6	16.2	6	16.8	6	17.4
10	18.46	18.73	18 99	19.26	19 52	19.79	20.05	20.32	20.58	20.85	7	17.5	7	18.2	7	18.9	7	19.6	7	20.3
											8	20.0	8	20.8	8	21.6	8	22.4	8	23.2
											9	22.5	9	23.4	9	24.3	9	25.2	9	26.1
11	21.11	21.38	21.65	21 92	22.19	22.46	22.74	23.02	23.29	23.57										
12	23.85	24.13	24.42	24.70	24.99	25.27	25.55	25.83	26.10	26.38										
13	26 66	26.93	27.21	27 48	27.76	28.03	28.30	28.57	28.83	29.10										
14	29.37	29.63	29.89	30.16	30.42	30.68	...	...	...	...										

In entrambe le tabelle le temperature sono riferite alla scala normale del termometro a idrogeno. Esse non differiscono sensibilmente da quelle contenute nelle tabelle fornite dall'Istit. geogr. milit. di Vienna.

Il terzo termometro, della casa *Kappeller*, era montato in una armatura avente la forma stessa dei pendoli gravimetrici, e costituita dello stesso metallo (*pendolo-termometro*). Il bulbo, della lunghezza di appena 2 cm., era situato in una cavità praticata nella massa pendolare, il contatto con questa essendo conseguito mediante limatura dello stesso metallo. Il capillare, contenuto nell'asta del pendolo, potevasi leggere attraverso ad una finestra praticata nell'asta stessa, in tutta la sua lunghezza.

Le correzioni date dalla stessa casa *Kappeller* sono quelle qui trascritte.

Le temperature del termometro, nella vicinanza di

0°,	sono di	0°.05	troppo alte
+ 10	»	0 .10	» basse
+ 20	»	0 .10	» alte
+ 30	»	0 .10	» »
+ 40	»	0 .02	» basse

Anche questo termometro venne però, dopo la campagna gravimetrica, comparato dai signori Reggiani e Morbidelli, ed i risultati sono contenuti nella seguente tabella:

TEMPERATURE NORMALI

CORRISPONDENTI ALLE INDICAZIONI DEL TERMOMETRO PENDOLARE.

Gradi	Indicazioni del termometro pendolare ,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	P. P. per i centesimi di grado
	TEMPERATURE NORMALI										
10	...	...	...	...	...	10°.54	10°.64	10°.74	10°.84	10°.94	9
11	11°.04	11°.14	11°.24	11°.34	11°.44	11.54	11.63	11.73	11.83	11.93	1 0.9
12	12.02	12.12	12.22	12.32	12.42	12.51	12.61	12.71	12.81	12.91	2 1.8 3 2.7
13	13.00	13.10	13.20	13.30	13.40	13.49	13.59	13.69	13.79	13.89	4 3.6 5 4.5
14	13.99	14.09	14.19	14.29	14.39	14.49	14.59	14.69	14.78	14.88	6 5.4 7 6.3
15	14.98	15.08	15.18	15.28	15.38	15.48	15 58	15.68	15.78	15.87	8 7.2 9 8.1
16	15.97	16.07	16.17	16.27	16.37	16.46	16.56	16 66	16.76	16.86	
17	16.96	17 05	17.15	17.25	17.35	17.44	17 54	17.64	17.74	17.84	
18	17.93	18.03	18.13	18.23	18.33	18 42	18.52	18.62	18.72	18.81	10
19	18.91	19.01	19.11	19.21	19.30	19.40	19.50	19.60	19.69	19.79	1 1.0
20	19.89	19.99	20.09	20.18	20.28	20.38	20.48	20.58	20.68	20 78	2 2 0 3 3.0
21	20.88	20.98	21.08	21.18	21.28	21.38	21.48	21.58	21.68	21.78	4 4.0 5 5.0
22	21.88	21 98	22.08	22.18	22.28	22.38	22.48	22 58	22.68	22.78	6 6.0 7 7 0
23	22.88	22.98	23.08	23.18	23.28	23.38	23.48	23.58	23.68	23.78	8 8.0 9 9.0
24	23.88	23 98	24.08	24,18	24.28	24.38	24.48	24.58	24.68	24.78	
25	24.88	24.98	25.08	25.18	25.28	25.38	25.48	25 58	25.68	25.78	
26	25.87	25.97	26.07	26.17	26.27	26.37	26 47	26.57	26.67	26.77	
27	26.87	26.97	27.07	27.17	27 27	27 37	27.47	27.57	27.67	27 77	
28	27.87	27.97	28.07	28.17	28.27	28 37	28 47	28.57	28.67	28.77	
29	28.87	28.97	29.07	29.17	29 27	29.37	29.47	29 56	29.66	29.76	
30	29.86	29.96	30.06	30.16	30.26	30.36	30.46	30.56	30.66	..	

Le temperature sono riferite alla scala normale del termometro a idrogeno. — Sostanzialmente, le correzioni date da questa tabella si accordano con quelle sopra riportate, fornite dallo stesso *Kappeller*.

L'essere il bulbo del termometro situato nell'interno della massa pendolare, doveva portare necessariamente un ritardo nelle sue indicazioni, rispetto a quelle dei termometri 152 e 153, aventi lungo bulbo, e quindi prontissimi a segnare le variazioni di temperatura.

Per formarsi un'idea dell'entità di questo ritardo, i tre termometri vennero confrontati fra loro e col termometro normale del Laboratorio metrico centrale (*Fuess*, n. 3091), tenendoli dapprima in una sala a temperatura costante, trasportandoli poi in un'altra a temperatura diversa e facendo su tutti e quattro una serie di letture prolungantesi per alcune ore. Ecco i risultati ottenuti dagli stessi osservatori Reggiani e Morbidelli:

1ª serie.

I quattro termometri furono lasciati tutta la notte nella sala *A* del Laboratorio metrico, alla temperatura ambiente, ottenendosi:

Tempo	Normale n. 3091	N. 152	N. 153	Term. pendol.
$9^h.15^m$	10°.35	10°.29	10°.31	10°.35

Vennero poi rapidamente portati nella sala B dove la temperatura, letta col normale n. 3093, era di 11°.60, con tendenza a lenta ascensione. Si ottennero questi risultati:

Tempo	Normale n. 3091	N. 152	N. 153	Term. pendol.
$9^h.40^m$	11°.22	11°.26	11°.32	10°.51
10 . 5	11 .44	11 .52	11 .55	10 .88
10 .35	11 .48	11 .55	11 .59	11 .14
11 . 5	11 .55	11 .59	11 .60	11 .33
11 .35	11 .60	11 .61	11 .64	11 .46
12 . 5	11 .66	11 .64	11 .68	11 .55
15 .15	11 .75	11 .74	11 .74	11 .74
15 .45	11 .76	11 .77	11 .76	11 .75
16 .15	11 .77	11 .77	11 .77	11 .76
temperatura comincia a discendere 16 .45	11 .76	11 .76	11 .75	11 .76
18 .45	11 .71	11 .68	11 .67	11 .79

Si vede, di qui, che i termometri a lungo bulbo n. 152 e n. 153 sono anche più pronti del normale a rivelare le variazioni di temperatura, mentre il termometro pendolare ha impiegato circa 5,5 ore a mettersi in equilibrio termico cogli altri tre, per una variazione massima di 1°.4.

2ª serie.

Lasciati tutta la notte i termometri nella sala B, si trovarono al mattino le seguenti indicazioni:

Tempo	Normale n. 3091	N. 152	N. 153	Term. pendol.
$9^h.15^m$	11°.07	11°.05	11°.09	11°.07

Si trasportarono i termometri nella sala A, dove la temperatura, letta col normale n. 3093, risultava di 10°.10; e si ottennero i seguenti risultati:

Tempo	Normale N. 3091	N. 152	N. 153	Term. pendol.
$9^h.45^m$	10°.60	10°.60	10°.63	11°.00
10 .15	10 .44	10 .28	10 .32	10 .77
10 .45	10 .38	10 .31	10 .33	10 .57
11 .15	10 .42	10 .36	10 .37	10 .53
11 .45	10 .48	10 .46	10 .44	10 .53
12 .15	10 .56	10 .58	10 .58	10 .55
14 .15	10 .75	10 .77	10 .76	10 .74
15 .15	10 .84	10 .83	10 .84	10 .85
16 .15	10 .84	10 .83	10 .83	10 .87
17 . 0	10 .81	10 .81	10 .81	10 .85

Anche qui il termometro pendolare ha impiegato circa 3 ore a mettersi in equilibrio termico cogli altri, per una differenza massima di 0°.51 (11°.07 - 10°.56) di temperatura.

Questo ritardo non può essere prodotto che dalla poco razionale situazione del bulbo nell'interno della grossa massa pendolare, la quale impiega un tempo notevole a trasmettere al termometro le variazioni di temperatura esterne.

Questi risultati trovano una conferma nell'esame delle temperature T_{152}, T_{153}, T_P, osservate ai tre termometri durante la campagna gravimetrica. Esse sono riassunte per ordine cronologico nei seguenti specchi, nei quali venne compresa anche la prima serie di osservazioni eseguite a Vienna per opera dei luogotenenti Pitsch e Császár. Le temperature qui registrate sono le medie di quelle lette al principio ed al termine della osservazione di ogni pendolo.

Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$	Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$
Vienna (1ª Serie).													
Marzo 30	Császár	10°,55	10°,62	10°,62	— 0°,07	0°,00	Aprile 2	P	10°,02	10°,04	10°,01	+ 0°,01	+ 0°,03
		,46	,48	,53	— ,07	— ,05			,12	,13	,04	+ ,08	+ ,09
		,38	,43	,43	— ,05	,00			,12	,18	,09	+ ,03	+ ,09
		,36	,38	,42	— ,06	— ,04			,07	,15	,12	— ,05	+ ,03
» 31	Pitsch	9,95	9,94	9,91	+ ,04	+ ,03			9,86	9,84	9,83	+ ,03	+ ,01
		10,14	10,23	10,01	+ ,13	+ ,22			,90	,97	,86	+ ,04	+ ,11
		,24	,28	,13	+ ,11	+ ,15			,98	10,00	,92	+ ,06	+ ,08
		,31	,33	,20	+ ,11	+ ,13			,98	,02	,94	+ ,04	+ ,08
		9,98	,00	9,95	+ ,03	+ ,05	Aprile 3	C	,68	9,61	,60	+ ,08	+ ,01
		10,12	,23	10,07	+ ,05	+ ,16			,71	,68	,64	+ ,07	+ ,04
		,19	,26	,13	+ ,06	+ ,13			,74	,68	,65	+ ,09	+ ,03
		,22	,28	,17	+ ,05	+ ,11			,71	,68	,65	+ ,06	+ ,03
Aprile 1	C	9,93	9,94	9,92	+ ,01	+ ,02			,47	,45	,41	+ ,06	+ ,04
		10,07	10,10	,96	+ ,11	+ ,14			,59	,58	,45	+ ,14	+ ,13
		,12	,15	10,03	+ ,09	+ ,12			,64	,61	,49	+ ,15	+ ,12
		,14	,20	,10	+ ,04	+ ,10			,64	,61	,55	+ ,09	+ ,06
		,05	,07	,03	+ ,02	+ ,04	Aprile 4	P	,37	,32	,27	+ ,10	+ ,05
		,19	,20	,00	+ ,19	+ ,20			,43	,42	,34	+ ,09	+ ,09
		,29	,28	,17	+ ,12	+ ,11			,45	,47	,37	+ ,08	+ ,10
		,26	,28	,21	+ ,05	+ ,07			,54	,50	,41	+ ,13	+ ,09
Roma (1ª Serie).													
Luglio 17	C	22,27	22,27	22,24	+ 0,03	+ 0,03	Luglio 19	C	23,15	23,18	23,08	+ 0,07	+ 0,10
		,59	,59	,61	— ,02	— ,02			,31	,33	,27	+ ,04	+ ,06
		,95	,96	,87	+ ,08	+ ,09			,29	,30	,28	+ ,01	+ ,02
		23,19	23,19	23,16	+ ,03	+ ,03			,58	,63	,53	+ ,05	+ ,10
» 18	R	22,49	22,50	22,43	+ ,06	+ ,07			,47	,50	,60	— ,13	— ,10
		,93	,95	,83	+ ,10	+ ,12			,47	,49	,50	,03	— ,01
		23,17	23,22	23,08	+ ,09	+ ,14	» 20	R	22,72	22,70	22,64	+ ,08	+ ,06
		,76	,78	,75	+ ,01	+ ,03			23,03	23,05	,83	+ ,20	+ ,22
» 19	C	22,75	22,74	22,72	+ ,03	+ ,02			,14	,18	23,10	+ ,04	+ ,08
		23,00	,99	,94	+ ,06	+ ,05			,33	,36	,20	+ ,13	+ ,16

Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$	Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$
Luglio 20	R	23°,40	23°,44	23°,41	— 0°,01	+ 0°,03	Luglio 21	C	23°,15	23°,17	23°,21	— 0°,06	— 0°,04
		,53	,54	,55	— ,02	— ,01			,17	,18	,08	+ ,09	+ ,10
		,63	,67	,67	— ,04	,00		R	,03	,02	22,98	+ ,05	+ ,04
		,78	,79	,80	— ,02	— ,01			22,84	22,81	,83	+ ,01	— ,02
Arcetri.													
Luglio 25	R	24,04	23,98	23,85	+ 0,19	+ 0,13	Luglio 26	C	24,50	24,46	24,44	+ 0,06	+ 0,02
		,38	24,29	24,08	+ ,30	+ ,21			,64	,70	,55	+ ,09	+ ,15
		,51	,42	,23	+ ,28	+ ,19			,75	,77	,61	+ ,14	+ ,16
		,54	,45	,30	+ ,24	+ ,15			,79	,78	,66	+ ,13	+ ,12
	C	,48	,42	,43	+ ,05	— ,01		R	,88	,87	,70	+ ,18	+ ,17
		,52	,50	,48	+ ,04	+ ,02			25,04	25,02	,78	+ ,26	+ ,24
		,55	,50	,54	+ ,01	— ,04			,12	,07	,88	+ ,24	+ ,19
		,71	,67	,55	+ ,16	+ ,12			,20	,20	,98	+ ,22	+ ,22
Livorno.													
Luglio 30	R	23,38	23,40	23,28	+ 0,10	+ 0,12	Luglio 31	C	23,29	23,28	23,29	0,00	— 0,01
		,42	,43	,33	+ ,09	+ ,10			,43	,43	,38	+ ,05	+ ,05
		,53	,50	,43	+ ,10	+ ,07			,47	,46	,43	+ ,04	+ ,03
		,54	,55	,48	+ ,06	+ ,07			,53	,54	,49	+ ,04	+ ,05
	C	,44	,37	,46	— ,02	— ,09	Agosto 1	R	,28	,26	,13	+ ,15	+ ,13
		,50	,51	,48	+ ,02	+ ,03			,33	,34	,20	+ ,13	+ ,14
		,56	,54	,52	+ ,04	+ ,02			,35	,35	,28	+ ,07	+ ,07
		,56	,55	,57	— ,01	— ,02			,48	,50	,29	+ ,09	+ ,11
» 31	R	,22	,17	,13	+ ,09	+ ,04		C	,39	,36	,44	— ,05	+ ,08
		,28	,30	,15	+ ,13	+ ,15			,51	,50	,48	+ ,03	+ ,02
		,30	,32	,20	+ ,10	+ ,12			,54	,57	,52	+ ,02	+ ,05
		,33	,34	,23	+ ,10	+ ,11			,66	,64	,59	+ ,07	+ ,05
Genova.													
Agosto 4	R	20,24	20,16	20,18	+ 0,06	— 0,02	Agosto 4	C	20,21	20,23	20,32	— 0,11	— 0,09
		,38	,45	,28	+ ,10	+ ,17			,28	,36	,40	— ,12	— ,04
		,45	,49	,36	+ ,09	+ ,13			,28	,36	,39	— ,11	— ,03
		,35	,36	,38	— ,03	— ,02			,31	,37	,41	— ,10	— ,04

Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$	Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$
Agosto 5	R	19°,80	19°,84	19°,74	+ 0°,06	+ 0°,10	Agosto 5	C	20°,01	20°,05	20°,19	— 0°,18	— 0°,14
		20,06	20,10	20,04	+ ,02	+ ,06			,28	,25	,20	+ ,08	+ ,05
		,18	,23	,09	+ ,09	+ ,14			,25	,29	,26	— ,01	+ ,03
		,20	,24	,18	+ ,02	+ ,06			,23	,28	,28	— ,05	,00

Roma (2ª Serie).

Agosto 9	C	23,03	22,99	23,00	+ 0,03	— 0,01	Agosto 10	C	23,01	23,00	23,00	+ 0,01	0,00
		13	23,13	,12	+ ,01	+ ,01			,26	,29	,14	+ ,12	+ ,15
		,39	,42	,24	+ ,15	+ ,18			,37	,40	,26	+ ,11	+ ,14
		,50	,51	,40	+ ,10	+ ,11			,50	,53	,39	+ ,11	+ ,14
	R	,42	,46	,50	+ ,08	— ,04		R	,47	,46	,48	— ,01	— ,02
		,73	,74	,58	+ ,15	+ ,16			,79	,85	,63	+ ,15	+ ,22
		,91	,88	,70	+ ,21	+ ,18			,98	,93	,85	+ ,13	+ ,08
		,96	,92	,98	— 0,02	— ,06			24,06	24,06	,98	+ ,08	+ ,08

Vienna (2ª Serie).

Sett. 5	R	14,99	14,93	14,94	+ 0,05	— 0,01	Sett. 6	R	15,01	14,95	14,98	+ 0,03	— 0,03
		15,07	15,07	15,01	+ ,06	+ ,06			,01	15,01	,98	+ ,03	+ ,03
		,13	,16	,09	+ ,04	+ ,07			,01	,02	,98	+ ,03	+ ,04
		,13	,16	,13	+ ,00	+ ,03			,01	,03	,98	+ ,03	+ ,05
		,10	,09	,15	— ,05	— ,06	» 7		14,82	14,82	,78	+ ,04	+ ,04
		,15	,17	,18	— ,03	— ,01			,91	,89	,83	+ ,08	+ ,06
		,15	,17	,18	— ,03	— ,01			,96	,91	,85	+ ,11	+ ,06
» 6		,13	,16	,18	— ,05	— ,02			,94	,88	,87	+ ,07	+ ,01
		,01	14,95	14,98	+ ,03	— ,03			,87	,85	,84	+ ,03	+ ,01
		,05	15,06	,98	+ ,07	+ ,08			,90	,88	,86	+ ,04	+ ,02
		,06	,05	15,03	+ ,03	+ ,02			,94	,91	,87	+ ,07	+ ,04
		,03	,03	,03	+ ,00	,00			,90	,88	,88	+ ,02	+ ,02

Potsdam.

Sett. 11	R	14,25	14,20	14,24	+ 0,01	— 0,04	Sett. 11	R	14,27	14,28	14,24	+ ,03	+ 0,04
		,24	,27	,24	,00	+ ,03			,27	,27	,24	+ ,03	+ ,03
		,24	,24	,24	,00	,00			,27	,28	,24	+ ,03	+ ,04
		,24	,27	,24	,00	+ ,03			,27	,27	,24	+ ,03	+ ,03

Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$	Data 1912	Osserv.	T_{152}	T_{153}	T_P	$T_{152}-T_P$	$T_{153}-T_P$
Sett. 12	R	13°,81	13°,81	13°,74	+ 0°,07	+ 0°,07	Sett. 13	R	13°,82	13°,89	13°,74	+ 0°,08	+ 0°,15
		,95	,98	,84	+ ,11	+ ,14			,96	,99	,84	+ ,12	+ ,15
		14,02	14,02	,93	+ ,09	+ ,09			14,06	14,08	14,02	+ ,04	+ ,06
		,02	,05	14,03	— ,01	+ ,02			,13	,16	,16	— ,03	,00
		,06	,12	,09	— ,03	+ ,03			,12	,14	,19	— ,07	— ,05
		,09	,14	,14	— ,05	,00			,14	,21	,23	— ,09	— ,02
		,12	,16	,15	— ,03	+ ,01			,19	,26	,21	— ,02	+ ,05
		,12	,16	,18	— ,06	— ,02			,27	,29	,24	+ ,03	+ ,05

Roma (3ª Serie).

Ottobre 18	C	18,17	18,24	18,13	+ 0,04	+ 0,11	Ottobre 29	R	17,37	17,48	17,27	+ 0,10	+ 0,21
		,37	,43	,29	+ ,08	+ ,14			,53	,70	,46	+ ,07	+ ,23
		,37	,43	,42	— ,05	+ ,01			,41	,49	,54	— ,13	— ,05
		,64	,73	,57	+ ,07	+ ,16			,73	,90	,66	+ ,07	+ ,24
» 19	C	,02	,16	,07	— ,05	+ ,09			,81	,99	,77	+ ,04	+ ,22
		,27	,34	,23	+ ,04	+ ,11			,94	18,07	,91	+ ,03	+ ,16
		,36	,44	,31	+ ,05	+ ,13	» 30	R	,22	17,26	,14	+ ,08	+ ,12
		,51	,65	,45	+ ,06	+ ,20			,50	,61	,32	+ ,18	+ ,29
		,45	,44	,48	— ,03	— ,04			,60	,74	,52	+ ,08	+ ,22
		,60	,71	,55	+ ,05	+ ,16			,75	,88	,69	+ ,06	+ ,19
		,65	,74	,62	+ ,03	+ ,12			,51	,64	,64	— ,13	,00
		,69	,79	,70	— ,01	+ ,09			,92	18,04	,79	+ ,13	+ ,25
» 29	R	16,92	16,96	16,85	+ ,07	+ ,11			18,01	,12	,95	+ ,06	+ ,17
		17,25	17,35	17,15	— ,10	+ ,20			,04	,20	18,05	— ,01	+ ,15

In tutte le stazioni, in ciascun giorno d'osservazione, la temperatura è stata in aumento, tranne a Vienna il primo giorno; e le indicazioni del termometro pendolare furono inferiori a quelle dei termometri 152 e 153. Se si determina l'incremento ΔT di temperatura durante l'osservazione di una serie di quattro pendoli, e si fa la media delle differenze $\frac{1}{2}(T_{152} + T_{153}) - T_P$ determinate durante la serie stessa, poi si fa di nuovo la media di tutti questi valori per ogni stazione, si ottengono i seguenti risultati:

	ΔT	$\frac{1}{2}(T_{152} + T_{153}) - T_F$
Vienna (1ª serie) . . .	+ 0°.17	+ 0°.08
Roma (1ª serie)	+ 0 .41	+ 0 .04
Arcetri	+ 0 .34	+ 0 .14
Livorno	+ 0 .20	+ 0 .06
Genova	+ 0 .20	+ 0 .01
Roma (2ª serie)	+ 0 .52	+ 0 .08
Vienna (2ª serie) . . .	+ 0 .06	+ 0 .02
Potsdam	+ 0 .12	+ 0 .03
Roma (3ª serie)	+ 0 .49	+ 0 .09

Se non vi è proporzionalità fra i valori dell'ultima colonna ed i corrispondenti gradienti di temperatura, essi appaiono però, in generale, più grandi quando maggiore è il gradiente, rivelando l'inerzia del termometro pendolare a seguire le variazioni di temperatura, che sono invece prontamente rivelate dagli altri due termometri. Data la grande sensibilità di questi termometri, dovuta al lungo bulbo, e dato il fatto che essi dovevano necessariamente risentire l'influenza dell'osservatore avvicinantesi all'apparato al termine della osservazione di ogni pendolo, per sostituirlo col pendolo successivo, sembrerebbe legittima la presunzione di ritenere la temperatura vera intermedia fra quelle indicate dai termometri 152 e 153 da una parte, e la temperatura del termometro-pendolare dall'altra parte. Si stabilì, pertanto, di introdurre in calcolo le temperature medie dei tre termometri

$$\frac{1}{3}(T_{152} + T_{153} + T_F)$$

con la quale formola si venne però ad assegnare un peso doppio alla temperatura data dai primi due termometri di fronte a quella data dal terzo, e ciò, per riguardo al difetto, già accennato, nella costruzione di quest'ultimo.

È con questa formola che vennero calcolati i valori delle temperature riportati nei quadri successivi comprendenti tutti i dati di osservazione.

Nella prossima campagna gravimetrica verrà però modificato il termometro pendolare, adottando per esso un lungo bulbo da insediarsi nell'asta dell'armatura, al duplice scopo di aumentarne la sensibilità e di dare con quanta maggiore approssimazione è possibile la temperatura dell'asta del pendolo, che è quella che realmente interessa.

Riduzione delle durate di oscillazione a supporto rigido.

Non ostante la solidità della mensola e il suo collegamento alla parete con robuste chiavarde, tuttavia, sotto l'azione della componente orizzontale della forza esercitata dal coltello del pendolo sul supporto, viene posta essa pure in oscillazione. Le equazioni differenziali del moto simultaneo del pendolo e del supporto vennero integrate con rigore da C. S. Peirce [1], e con un procedimento approssimato più che sufficiente,

[1] C. S. Peirce, *De l'influence de la stabilité du trépied sur l'oscillation du pendule à réversion*, Europäische Gradmessung, 5te Allg. Conf. (1877).

per i bisogni della pratica, da C. von Orff [1]. Il risultato dell'integrazione è questo: che la durata di oscillazione viene aumentata, come se il pendolo subisse un allungamento virtuale misurato da

$$\beta = \varepsilon \frac{mgs}{l},$$

dove con m si intende la massa del pendolo, con s la distanza del centro di gravità dall'asse di sospensione, con l la lunghezza del pendolo semplice sincrono, e con ε il rapporto fra uno spostamento orizzontale del supporto e la forza atta a produrlo, agendo orizzontalmente all'altezza del coltello.

Uno dei più semplici procedimenti per determinare l'allungamento virtuale β del pendolo invariabile consiste, seguendo l'esempio di Haid [2] e di Schumann [3], nell'usare un secondo pendolo ausiliario, avente la stessa lunghezza l, oscillante sulla stessa mensola e con lo stesso piano di oscillazione.

Come già si disse, noi usammo un pendolo ausiliario avente un peso doppio di quello invariabile, la cui durata di oscillazione si poteva rendere coincidente con quella del primo a meno di una unità della quinta cifra decimale. Se M è la sua massa, S la distanza del centro di gravità dall'asse di sospensione, α l'allungamento virtuale, si avrà

$$\alpha = \varepsilon \frac{Mg S}{l},$$

quindi

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{ms}{MS}.$$

Questa relazione mostra come si possa determinare β quando sia noto α. Per determinare α, basta lasciare in quiete il pendolo invariabile e mettere in moto il pendolo pesante: per effetto della oscillazione del supporto, si metterà in moto anche il primo. L'integrazione del movimento simultaneo dei due pendoli mostra che, indicando con φ l'ampiezza di oscillazione del pendolo pesante (pendolo motore), con ψ quella del pendolo invariabile (pendolo mosso), con t il tempo trascorso dalla origine del moto, espresso in secondi, si ha [4]

$$\frac{\psi}{\varphi} = \frac{\alpha}{2l} \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t.$$

[1] C. von Orff., *Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels auf der Sternwarte zu Bogenhausen.* Abhand. der k. bayer Akad. d. Wiss., XIV Bd., III Abth, München 1883.

[2] M. Haid, *Ueber Bestimmung des Mitschwingens bei relativen Schweremessungen,* Astr Nachr., Bd. 143, n. 3418; Bd. 146, n. 3499.

[3] R. Schumann, *Ueber die Verwendung zweier Pendel auf gemeinsamer Unterlage zur Bestimmung der Mitschwingung,* Zeitschr. für Math. u. Phys. 44 Jahrg., 2 u. 3 Heft.

[4] Schumann, pubbl. citata, pag. 110.

Il rapporto $\frac{\psi}{\varphi}$ varia dunque proporzionalmente al tempo; ed indicando con C il fattore di proporzionalità $\left(\text{cioè ponendo } C = \frac{\alpha}{2l}\sqrt{\frac{g}{l}}\right)$, sarà

1) $$\alpha = 2l\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot C.$$

Indicando d'altra parte con τ la durata di oscillazione comune ai due pendoli, definita, per archi infinitesimali, dalla formula

2) $$\tau = \pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

si ha, differenziando logaritmicamente rispetto ad l,

$$d\tau = \frac{\tau}{2l}\,dl.$$

L'aumento della durata di oscillazione dovuta al *Mitschwingen* sarà quindi

3) $$d\tau = \frac{\tau}{2l}\alpha \qquad \text{per il pendolo pesante}$$

$$(d\tau) = \frac{\tau}{2l}\beta = \frac{\tau}{2l}\frac{ms}{MS}\alpha = \frac{ms}{MS}\,d\tau \qquad \text{per il pendolo invariabile.}$$

D'altra parte, tenendo conto delle 1) 2), la 3) si può scrivere

$$d\tau = \frac{\tau^2}{\pi}\,C,$$

e, in unità della 7ª cifra decimale,

$$d\tau = \frac{\tau^2}{\pi}\,C\,10^7.$$

Indicando quindi, come solitamente si usa, con σ la riduzione a supporto rigido del pendolo invariabile, si ottiene

4) $$\sigma = -(d\tau) = -\frac{ms}{MS}\frac{\tau^2}{\pi}\,C\,10^7.$$

Per determinare il valore del rapporto $\frac{ms}{MS}$ si è adoperato il procedimento suggerito da Furtwängler. Sospesi sulla mensola il pendolo ausiliario e quello invariabile nella posizione normale, in guisa cioè da avere i coltelli paralleli e lo stesso piano di oscillazione, si congiungono i due pendoli con un filo di seta teso orizzontalmente in guisa da farli deviare dalla posizione verticale. Se A ed a sono rispettivamente gli angoli di deviazione, letti sulla scala dell'apparato delle coincidenze, quando è raggiunto l'equilibrio, si avrà:

$$Mg \operatorname{sen} A \,.\, S = mg \operatorname{sen} a \,.\, s,$$

da cui si ricava, quando A ed a siano piccoli,

$$\frac{ms}{MS} = \frac{A}{a}.$$

In questo modo si sono trovati per i quattro pendoli i valori:

Pendolo	147	$\frac{ms}{MS} = 0.48 \pm 0.01$
»	148	0.47 ± 0.01
»	149	0.45 ± 0.01
»	150	0.44 ± 0.00 .

Se nella 4) si introduce il valor medio di questi rapporti

$$\frac{ms}{MS} = 0.46$$

e, di più, si pone $\tau = 0^s.5075$, si trova:

$$\sigma = -[5.57649]\, C .$$

È con questa formola che venne calcolata la riduzione a supporto rigido per tutti i pendoli in tutte le stazioni.

La riduzione a supporto rigido veniva generalmente determinata al principio delle operazioni gravimetriche, per accertarsi che la mensola era veramente stabile, avendo sempre l'avvertenza di interporre una lamina metallica fra i due pendoli, per evitare ogni influenza dell'aria posta in movimento dal pendolo motore. Si dava al pendolo pesante, sospeso sempre nella posizione più lontana dalla parete, la maggior ampiezza possibile, avuto riguardo alla condizione che la scala, riflessa dal suo specchietto, potesse ancora leggersi nel canocchiale dell'apparato delle coincidenze. Tale ampiezza iniziale non risultava mai inferiore ai 20′.

La stabilità del supporto è sempre risultata così grande che, dopo un quarto d'ora dall'inizio dell'operazione, l'oscillazione del pendolo invariabile risultava appena sensibile; e per poter avere ampiezze di oscillazione misurabili con qualche sicurezza, l'operazione doveva essere proseguita per circa un'ora. Data la piccola differenza della durata di oscillazione dei due pendoli (non mai eccedente una unità della quinta cifra decimale), il massimo spostamento di fase da attendersi al termine di un sì lungo intervallo non poteva superare $0^s.07$: non potevansi quindi sollevare eccezioni alla applicazione del metodo.

Le letture delle ampiezze del pendolo motore si facevano abbastanza bene con la scala dell'apparato delle coincidenze. Per determinarle con maggiore precisione, si era fatto applicare un filo micrometrico mobile al cannocchiale dello stesso apparato delle coincidenze; ma, vista la piccolezza della riduzione da determinarsi, si riconobbe poi essere più che sufficente la valutazione delle ampiezze fatta direttamente sulla scala.

Ecco i risultati ottenuti nelle singole stazioni. Si riproducono anche quelli ottenuti dai luogotenenti Pitsch e Császár nella prima serie di misure fatte a Vienna, nelle quali però l'intervallo di tempo impiegato nelle osservazioni fu di circa mezz'ora, e quindi circa metà di quello da noi adottato in seguito.

A base dei calcoli si ritiene l'equazione generatrice

$$\ell^s C - \frac{\psi}{\varphi} = 0 .$$

VIENNA (*1ª serie*).

		Pendolo pesante	Pendolo 147		
I)	$T = 12^h.36^m$	$2\varphi = 20^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
	.42	19 .1	.02	360^s C —	$0{,}0010 = v_1$
	.45	18 .8	.04	540 C —	$21 = v_2$
	.51	18 .1	.16	900 C —	$88 = v_3$
	.57	17 .5	.24	1260 C —	$137 = v_4$
	13 . 9	16 .5	.28	1980 C —	$170 = v_5$
		$C = 0.0^5890$	$m_c = 0.0^68$		
		$\sigma = -3.4$	$m_\sigma = 0.3$		

		Pendolo pesante	Pendolo 147		
II)	$T = 11^m.55$	$2\varphi = 20^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
	12 . 7	18 .6	.20	720^s C —	$0{,}0107 = v_1$
	.13	18 .0	.24	1080 C —	$133 = v_2$
	.19	17 .5	.28	1440 C —	$161 = v_3$
	.22	17 .1	.36	1620 C —	$210 = v_4$
	.28	16 .6	.46	1980 C —	$277 = v_5$
		$C = 0.0^41300$	$m_c = 0.0^66$		
		$\sigma = -4.9$	$m_\sigma = 0.2$		

		Pendolo pesante	Pendolo 147		
III)	$T = 10^h.10^m$	$2\varphi = 20^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
	.16	19.3	.10	360^s C —	$0.0052 = v_1$
	.22	18.8	.16	720 C —	$85 = v_2$
	.28	18.1	.20	1080 C —	$110 = v_3$
	.37	17.2	.22	1620 C —	$128 = v_4$
	.43	16.7	.28	1980 C —	$168 = v_5$
		$C = 0.0^5883$	$m_c = 0.0^66$		
		$\sigma = -3.3$	$m_\sigma = 0.2$		

Prendendo la media semplice, si ottiene, come riduzione a supporto rigido,

$$\sigma = -3.9 \qquad m_\sigma = 0.2$$

in unità della settima cifra decimale.

ROMA (*1° periodo*).

		Pendolo pesante	Pendolo 150		
I)	$T = 12^h.19^m$	$2\varphi = 18^p.8$	$2\psi = 0^p.00$		
	.35	17 .3	.10	960^s C —	$0.0058 = v_1$
	.50	15 .4	.17	1860 C —	$110 = v_2$
	13 . 0	14 .6	.20	2460 C —	$137 = v_3$
	. 9	13 .8	.40	3000 C —	$290 = v_4$
	.15	12 .9	.50	3360 C —	$388 = v_5$
		$C = 0.0^5902$	$m_c = 0.0^512$		
		$\sigma = -3.4$	$m_\sigma = 0.5$		

		Pendolo pesante	Pendolo 148
II)	$T = 12^h.11^m$	$2\varphi = 24^p.0$	$2\psi = 0^s.11_5$
	.26	23 .9	0 .19
	.45	21 .0	0 .47
	.55	20 .3	0 .47$_5$

In questa seconda determinazione, quando si iniziarono le letture delle ampiezze del pendolo pesante, il pendolo invariabile già era animato da una lieve oscillazione. Indicando con t_0 il tempo decorso fra l'istante in cui tale oscillazione doveva risultar nulla, ed il momento della prima lettura, e con t_1 t_2 ... i tempi decorsi fra la prima lettura e le successive, si potranno stabilire le equazioni:

$$t_0 C - \left(\frac{\psi}{\varphi}\right)_0 = v_0$$

$$(t_0 + t_1) C - \left(\frac{\psi}{\varphi}\right)_1 = v_1$$

$$(t_0 + t_2) C - \left(\frac{\psi}{\varphi}\right)_2 = v_2$$

. . . . . .

Sostituendo in queste i valori numerici, dopo aver posto

$$t_0 C = x ,$$

si ottiene

$$\begin{aligned} x \quad\quad\quad\quad &- 0.0048 = v_0 \\ x + 780\ C - \quad &79 = v_1 \\ x + 2040\ C - \quad &224 = v_2 \\ x + 2640\ C - \quad &233 = v_3 \end{aligned}$$

$$C = 0.0^5788 \qquad m_C = 0.0^512$$
$$\sigma = -3.0 \qquad m_\sigma = 0.5$$

Si ha, di più $x = 0.0039$, $t_0 = 494^s = 8^m.14^s$.

Il pendolo 148 poteva quindi ritenersi in quiete all'istante $T = 12^h.2^m.46^s$.

La media semplice dei due risultati dà il valore:

$$\sigma = -3.2 \qquad m_\sigma = 0.4$$

La coincidenza dei valori ottenuti per la correzione σ, entro pochi decimi della 7ª cifra decimale, usando pendoli invariabili diversi, indusse a semplificare il procedimento nelle stazioni successive, nelle quali tale correzione venne determinata col solo pendolo 148. Data la voluta lunghezza al pendolo pesante, si evitava così l'inconveniente di doverla di volta in volta modificare.

ARCETRI.

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 3^h.56^m$	$2\varphi = 20^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
4 .26	17 .0	.15	1800 C —	$0.0088 = v_1$
.41	15 .4	.25	2700 C —	$162 = v_2$
.56	14 .0	.37	3600 C —	$264 = v_3$

$$C = 0.0^5658 \qquad m_C = 0.0^66$$
$$\sigma = -2.5 \qquad m_\sigma = 0.2$$

LIVORNO.

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 12^h.45^m$	$2\varphi = 20^p.0$	$2\psi = 0^p.10$	x	$-0.0050 = v_0$
13 . 0	18 .0	.10	$x + 900\,C$ —	$55 = v_1$
.30	14 .4	.20	$x + 2700\,C$ —	$139 = v_2$
.45	13 .1	.40	$x + 3600\,C$ —	$305 = v_3$

In questa stazione, situata proprio sulla riva del mare, probabilmente a causa di trepidazioni del suolo non si è riesciti ad annullare una piccola oscillazione iniziale del pendolo invariabile. Si ritenne che questo stato di quiete avesse potuto aver luogo in un istante anteriore, analogamente a quanto si era fatto nella stazione di Roma, e si introdusse perciò nelle equazioni l'altra variabile x. La soluzione dà:

$$x = 0.0018 \qquad C = 0.0^5660 \qquad m_c = 0.0^521$$
$$\sigma = -2.5 \qquad m_\sigma = 0.8$$
$$t_0 = \frac{x}{C} = 273^s = 4^m.33^s$$

Il pendolo 148 poteva quindi ritenersi in quiete nell'istante $T = 12^h.41^m.27^s$.

GENOVA.

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 16^h.10^m$	$2\varphi = 24^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
.32	20 .0	0 .10	1320 C —	$0.0050 = v_1$
.40	19 .0	0 .15	1800 C —	$79 = v_2$
.55	17 .5	0 .20	2700 C —	$114 = v_3$
17 .10	15 .8	0 .40	3600 C —	$253 = v_4$

$$C = 0.0^5565 \qquad m_c = 0.0^68$$
$$\sigma = 2.1 \qquad m_\sigma = 0.3$$

ROMA (*2° periodo*).

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 12^h.22^m$	$2\varphi = 25^p.0$	$2\psi = 0^p.10$	x	$-0.0040 = v_1$
.53	19 .6	0 .30	$x + 1860\,C$ —	$153 = v_2$
13 .15	17 .6	0 .50	$x + 3180\,C$ —	$284 = v_3$
.25	16 .2	0 .60	$x + 3780\,C$ —	$374 = v_4$

$$x = 0.0023 \qquad C = 0.0^5862 \qquad m_c = 0.0^511$$
$$\sigma = 3.2 \qquad m_\sigma = 0.4$$
$$t_0 = \frac{x}{C} = 267^s.$$

Il pendolo 148 che, all'inizio delle osservazioni, già possedeva un moto oscillatorio di ampiezza $0^p.05$, poteva quindi ritenersi in quiete all'istante $T = 12.^h17^m33^s$.

VIENNA (*2° periodo*).

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 7^h.43^m$	$2\varphi = 24^p.0$	$0^p.00$		
.53	23 .6	0 .08	600 C —	$0.0032 = v_1$
8 .8	20 .0	0 .10	1500 C —	$50 = v_2$
.23	18 .2	0 .20	2400 C —	$110 = v_3$
.33	17 .2	0 .30	3000 C —	$174 = v_4$
.43	16 .0	0 .40	3600 C —	$250 = v_5$

$C = 0.0^5587$ $\quad m_c = 0.0^66$

$\sigma = 2.2$ $\quad m_\sigma = 0.2$

POTSDAM.

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 8^h.29^m$	$2\varphi = 24^p.0$	$2\psi = 0^p.00$		
.39	22 .0	0 .02	600 C —	$0.0009 = v_1$
.49	21 .0	0 .08	1200 C —	$38 = v_2$
.59	20 .0	0 .10	1800 C —	$50 = v_3$
9 .09	18 .0	0 .12	2400 C —	$67 = v_4$
.19	17 .2	0 .20	3000 C —	$116 = v_5$
.29	16 .0	0 .30	3600 C —	$187 = v_6$

$C = 0.0^5405$ $\quad m_c = 0.0^66$

$\sigma = 1.5$ $\quad m_\sigma = 0.2$

ROMA (*3° periodo*).

	Pendolo pesante	Pendolo 148		
$T = 18^h.\ 0^m$	$2\varphi = 24^p.6$	$2\varphi = 0^p.00$		
.30	19 .0	0 .20	1800 C —	$0.0105 = v_1$
.40	18 .4	0 .30	2400 C —	$163 = v_2$
.50	17 .8	0 .40	3000 C —	$224 = v_3$
19 . 3	16 .4	0 .50	3780 C —	$305 = v_4$

$C = 0.0^5744$ $\quad m_c = 0.0^64$

$\sigma = 2.8$ $\quad m_\sigma = 0.2$

Riassumendo, si sono quindi ottenuti i seguenti risultati per la riduzione a supposto rigido, nelle varie stazioni:

Vienna (1° periodo)	$\sigma = -3.9$	$m_\sigma = 0.2$
Roma (1° periodo)	— 3.2	0.4
Arcetri	— 2.5	0.2
Livorno	— 2.5	0.8
Genova	— 2.1	0.3
Roma (2° periodo)	— 3.2	0.4
Vienna (2° periodo)	— 2.2	0.2
Potsdam	— 1,5	0.2
Roma (3° periodo)	— 2.8	0.2

Se si fa eccezione della stazione di Vienna (1° periodo), dove la riduzione ha raggiunto 4 unità, essa si è in generale aggirata fra le 2 e le 3 unità. Col nostro apparato si è quindi soddisfatto ad entrambe le condizioni prescritte dalla Commissione Geodetica Italiana [1]: di rendere cioè piccola quanto fosse possibile la oscillazione del supporto, e di determinarla numericamente.

Per errore medio della riduzione a supporto rigido in una stazione generica si può assumere il valore

$$m_\sigma = 0.3 .$$

Le osservazioni gravimetriche.

La prima operazione, giunti in una nuova località, e scelta la parete conveniente, consisteva nell'applicarvi la mensola. Tre buloni venivano perciò fissati, per mezzo dei loro dadi e controdadi, in tre fori di una croce metallica opportunamente preparata: disposto il braccio di questa orizzontalmente ed alla voluta altezza, si praticavano nella parete tre buchi nei quali si introducevano le teste dei buloni, e quindi si fissavano con gesso a rapida presa badando che il piano della croce fosse verticale ed essa risultasse staccata dalla parete di quanto era lo spessore dei dadi.

Dopo alcune ore, quando il gesso era ben assodato, si svitavano i dadi esterni, si estraeva la croce, ed i buloni restavano fissi nella parete, normalmente ad essa, e nella posizione voluta per infilarvi la mensola, che poi veniva fissata coi dadi stretti a tutta forza a mezzo di una chiave inglese.

Durante le operazioni di collocamento della mensola, in altra posizione della parete, comoda per essere veduta dall'apparato delle coincidenze, veniva fissato il pendolo *Hawelk*, a mezzo di una solida tavola di castano munita posteriormente di grosse grappe che in modo analogo venivano gessate al muro. Anche qui si aveva riguardo che la tavola riescisse verticale, di guisa che, avvicinandovi la cassa del pendolo, risultasse facile, con opportuni spessori, rettificarne la posizione.

La lastra di agata su cui appoggiano i pendoli, veniva livellata con cura servendosi della apposita livelletta. Un po' di difficoltà, nell'effettuare questa livellazione, era dovuta al fatto che la piastra doveva venire strettamente fissata al sostegno sottostante per mezzo delle controviti; ma si riesciva però abbastanza facilmente a conseguire la orizzontalità dentro una mezza parte della livella. La superficie piana della lastra è così ben lavorata, che le livellazioni fatte in corrispondenza dell'asse di sospensione del pendolo gravimetrico (vicino alla parete), e dell'asse di sospensione del pendolo pesante (lontano dalla parete), non davano sensibile differenza. Sempre si è avuto cura di rendere piccola l'inclinazione della piastra nel senso parallelo all'asse di sospensione dei due pendoli. Volendo che una tale inclinazione non influisca sulla durata di oscillazione dei pendoli per più di mezza unità della settima cifra decimale del secondo, bisogna, come ha dimostrato il dott. G. Silva [2],

[1] *Processo verbale delle sedute della R. Commissione geodetica italiana tenute in Padova nel giugno 1912*, Roma, 1913.

[2] G. Lorenzoni e G. Silva, *Il supporto bipendolare « Mioni » a recipienti pneumatici.* R. Commiss. Geod. Ital., Padova, 1912.

che essa non superi sensibilmente i 2 primi di arco. La nostra livelletta, avendo il valore angolare della parte di $1' {}^1/_2$, potevamo ritenerci sicuri di stare assai al di sotto di quel limite d'errore. Minore è l'influenza di una inclinazione della lastra di agata nel senso normale all'asse di sospensione dei due pendoli. È però conveniente che anch'essa sia piccola, al duplice scopo di togliere ogni menoma tendenza allo scivolamento dei coltelli, e di far sì che essi occupino esattamente la stessa posizione sul piano, quando vengono calati abbassando i cilindretti di sostegno. È questa una condizione di grande importanza nelle misure di gravità relativa: e per soddisfarvi quanto meglio era possibile, si aveva grande cura, dopo aver fatto appoggiare il pendolo sui cilindretti per mezzo dei coltelli di riposo, di farlo scorrere parallelamente all'asse di sospensione fino a che gli stessi coltelli di riposo apparissero ben centrati sui cilindretti.

Sospesi sulla mensola il pendolo gravimetrico, il pendolo ausiliario (per mezzo dei coltelli di riposo), il pendolo-termometro e i due termometri *Woytaček*, si lasciava il tutto in riposo per iniziare le osservazioni il mattino del giorno seguente, se nella serata erano riescite le osservazioni per la determinazione di tempo.

I pendoli, portanti i numeri 147, 148, 149, 150, venivano osservati l'uno dopo l'altro, formando così una *serie di osservazioni*: nella serie successiva si manteneva lo stesso ordine. I tre pendoli non soggetti ad esperimento, come già si disse, venivano tenuti sospesi in una custodia di legno, collocata di fianco alla mensola, ed alla stessa altezza di questa. Il trasporto dei pendoli dalla custodia alla mensola, e viceversa, si faceva colle mani guantate. A tal uopo si era fatta costruire una apposita tenaglia colla quale potevasi abbracciare e stringere la massa pendolare: ma, data la complessità della mensola, non riesciva facile di infilarvi e disporvi nella voluta posizione il pendolo, senza dare qualche piccolo urto al coltello, e si è ritenuto esser questo più dannoso che non un contatto indiretto colla mano.

Le operazioni procedevano così: Si metteva in moto il pendolo con una ampiezza iniziale di circa 19′ (manovrando la leva L dall'esterno della cassetta di protezione); si leggevano i tre termometri sospesi alla mensola, lo psicrometro (il cui termometro asciutto dava la temperatura dell'aria ambiente) ed il barometro, e, quando l'ampiezza era ridotta fra i 17′ ed i 18′ (8 parti della scala, la cui distanza dallo specchietto del pendolo si faceva variare solo entro limiti ristretti) si iniziavano le osservazioni delle coincidenze.

Si notavano gli istanti di 10 coincidenze, servendosi del lampo di apertura della corrente circolante nell'orologio e nel *relais*, e, dopo un intervallo di circa 25 minuti, si notavano ancora gli istanti delle coincidenze dalla 61ª alla 70ª. Indicando con c l'intervallo fra due coincidenze successive, si potevano così avere, per differenza, dieci valori dell'intervallo $60\ c$. Si leggevano di nuovo l'ampiezza d'oscillazione, i termometri, lo psicrometro ed il barometro; e si procedeva quindi alla sostituzione del pendolo osservato con quello successivo.

La osservazione di un pendolo richiedeva all'incirca 45 minuti: occorrevano quindi da 4 a 5 ore per compiere l'osservazione di una serie di 4 pendoli.

Si riproduce qui come esempio una pagina del registro di osservazione:

18 Luglio 1912.

Stazione di Roma — Pendolo 147 — Osserv. Reina

$\varphi = 41°.53'.30''$ — $H = 49^m.26$ — $\Delta = 2^m.39$

	Termometri			Barometro		Psicrometro			Ampiezza	
	152	P_t	153	B	t	t_a	t_b	$t_a - t_b$	sopra	sotto
	cm	°	cm	mm	°	°	°	°	p	p
Prima	12.25	22.51	11.49	758.2	23.0	22.9	20.0	2.9	7.8	7.4
Dopo	12.32	22.60	11.54	758.2	23.1	23.1	20.1	3.0	5.8	5.6
Medie	12.285	22.555	11.515	758.2	23.05	23.0	20.0	3.0	6.8	6.5

	1ª Serie		2ª Serie		
	h m s		h m s		m s
1	3.18.48.6	61	3.50.59.6	$60c =$	32.11.0
2	19.20.0	62	31.0		11.0
3	52.8	63	52. 4.0		11.2
4	20.24.9	64	35.4		10.5
5	56.9	65	53. 8.6		11.7
6	21.29.0	66	40.0		11.0
7	22. 1.4	67	54.12.9		11.5
8	33.2	68	44.6		11.4
9	23. 6.0	69	55.17.3		11.3
10	37.8	70	49.0		11.2
				$60c =$	32.11.18

Essendo l'orologio delle coincidenze sempre regolato a tempo siderale, ed avendo tutti i pendoli una durata d'oscillazione maggiore di mezzo secondo, questa si calcolava in funzione dell'intervallo c fra due coincidenze con la formola

1) $$s = \frac{c}{2c - 1} .$$

Ne segue che l'errore ds di una durata d'oscillazione, espresso in funzione dell'errore dc commesso nella valutazione dell'intervallo c, sarà, in unità della 7ª cifra decimale,

2) $$ds = \pm \frac{10^7}{(2c - 1)^2} dc$$

Per determinare il ds, si incominciò a calcolare l'errore medio dell'intervallo $60\,c$, facendo per ogni pendolo la media dei 5 valori impari e dei 5 valori pari, e formando le differenze v fra tali medie ed i singoli valori. Si veniva così ad eliminare l'influenza che un non esatto puntamento del filo del cannochiale poteva esercitare sul tempo del passaggio del lampo. Essendo 114 le osservazioni pendolari fatte da Reina, 66 quelle fatte da Cassinis, si ottenne il risultato

Errore medio dell'intervallo $60\,c$ $\pm\sqrt{\frac{452634}{114(10-2)}} = \pm 0^s.22$ (Reina)

" " " " $\pm\sqrt{\frac{143453}{66(10-2)}} = \pm 0\ .16_5$ (Cassinis)

" " " $\pm 0\ .19$ (media dei due osservatori).

Di qui segue l'errore medio di una coincidenza, corrispondente alla valutazione del tempo del passaggio del lampo sotto il filo orizzontale del cannocchiale:

$$\pm\frac{0^s.22}{\sqrt{2}} = \pm 0^s.16 \text{ (Reina)} \quad , \quad \pm\frac{0^s.17}{\sqrt{2}} = \pm 0^s.12 \text{ (Cassinis)}$$

$$\pm\frac{0^s.19}{\sqrt{2}} = \pm 0^s.14 \text{ (media dei due osservatori).}$$

Ritenuto $= \pm 0^s.19$ l'errore medio dell'intervallo $60\,c$, l'errore medio della media di 10 determinazioni dell'intervallo c sarà

$$dc = \pm\frac{0^s.19}{60\sqrt{10}} = \pm 0^s.001.$$

Sostituendo questo valore nella 2), ed osservando che per i varî pendoli e nelle varie stazioni l'intervallo c si è sempre conservato fra 32^s e 34^s, e quindi in media si può assumere uguale a 33^s, si ottiene

$$ds = \pm 2.4.$$

Alla durata d'oscillazione, calcolata colla formola

$$s = \frac{60\,c}{120\,c - 60},$$

nella quale è fatto uso dell'intervallo $60\,c$ fornito direttamente dalla osservazione, vanno applicate le seguenti riduzioni:

1) Riduzione ad archi infinitesimi: $-\frac{\alpha^2}{10}\,s\,10^7$, l'ampiezza α, espressa in arco, essendo determinata dalla formola

$$\alpha = \frac{0^m.003}{2\Delta}\,n,$$

dove $0^m.003$ misura la dimensione di una parte della scala, n è il loro numero, e Δ la distanza fra la scala stessa e lo specchietto del pendolo.

2) Riduzione alla temperatora 0^0: $-50.35\,T$.

Per la temperatura venne sempre assunta, come già si disse, la media di quelle indicate dai tre termometri sospesi alla mensola.

3) Riduzione al vuoto: — 625.4 D.

Nel determinare i valori della densità relativa dell'aria, conformemente alla formola 2) pag. 760, si tenne conto della tensione b del vapore acquoso, togliendola dalla tav. 34 di Albrecht [1], mentre i log. del fattore $d = \frac{1}{760\,(1 + 0.003665\,T)}$ vennero tolti dalla tav. 33 c.

4) Riduzione a secondi di tempo siderale: $+\frac{s\,a}{86400}\,10^7$.

In questa formula, a è l'andamento giornaliero espresso in secondi, dell'orologio delle coincidenze (positivo quando l'orologio ritarda, negativo quando accelera). I valori di a vennero già dati precedentemente.

5) Riduzione a supporto rigido, determinato per ogni stazione nel paragrafo precedente.

Negli specchi seguenti sono riassunte, per tutte le stazioni, le durate di oscillazione *osservate* dei singoli pendoli insieme cogli elementi che hanno servito al loro calcolo. Nelle ultime colonne sono dati i valori delle 5 sovraesposte riduzioni e le durate di oscillazione *ridotte*.

[1] Th. Albrecht, *Formeln und Hilfstafeln für Ortsbestimmungen*, 4te Aufl. Leipzig, 1908.

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza media in minuti	Temperatura	Pressione	Tensione del vapor acqueso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni: Ampiezza	Riduzioni: Temperatura	Riduzioni: Pressione	Riduzioni: Andamento dell'orologio	Riduzioni: Oscillazione del supporto	Durata di oscillazione ridotta 0s.507
		h	m s	′	°	mm	mm								
Vienna (1° Periodo).															
1912 - Marzo 30															
Császár	147	18,0	32.54,62	15,8	10,60	743,5	7,6	0,938	7136	— 7	— 534	— 587	— 12	— 4	5992
	148	19,1	33.33,18	15,6	,49	,6	7,6	0,939	5636	6	528	587	12	4	4499
	149	20,1	33. 8,09	16,2	,41	,7	7,6	0,939	6605	7	524	587	12	4	5471
	150	21,2	33.57,40	16,2	,39	,9	7,6	0,939	4723	7	523	587	12	4	3590
Marzo 31															
Pitsch	147	6,1	32.55,02	15,3	9,93	745,7	7,0	0,943	7120	— 6	— 500	— 590	— 13	— 4	6007
	148	7,3	33.33,56	16,0	10,13	,9	7,0	0,943	5622	7	510	590	13	4	4498
	149	8,5	33. 8,58	16,2	,22	,9	7,1	0,943	6586	7	515	590	13	4	5457
	150	9,7	33.57,93	16,2	,28	,9	7,0	0,943	4704	7	518	590	13	4	3572
P	147	18,0	32.54,75	16,2	9,98	743,1	7,6	0,940	7131	— 7	— 502	— 588	— 15	— 4	6015
	148	19,0	33.33,45	16,2	10,14	2,8	7,3	0,939	5626	7	511	587	15	4	4502
	149	20,1	33. 8,23	16,2	,19	2,2	7,0	0,938	6600	7	513	587	15	4	5474
	150	21,0	33.57,82	16,2	,22	1,4	7,0	0,937	4708	7	514	586	15	4	3582
Aprile 1															
Cs	147	6,3	32.54,87	16,0	9,93	733,9	7,3	0,928	7126	— 7	— 500	— 580	— 18	— 4	6017
	148	7,3	33.33,23	16,9	10,04	3,3	7,3	0,927	5634	8	506	580	18	4	4518
	149	8,[illegible]	33. 8,17	16,2	,10	2,9	7,6	0,926	6602	7	509	579	18	4	5485
	150	9,2	33.57,42	18,6	,15	2,4	7,6	0,926	4723	9	511	579	18	4	3602
Cs	147	17,8	32.54,97	16,7	10,05	730,5	7,8	0,923	7122	— 7	— 506	— 577	— 20	— 4	6008
	148	18,7	33.33,03	17,6	,13	0,3	8,0	0,923	5642	8	501	577	20	4	4518
	149	19,7	33. 8,12	15,8	,25	0,0	8,0	0,922	6604	7	516	577	20	4	5480
	150	20,7	33.57,37	18,3	,25	729,6	8,0	0,921	4725	9	516	576	20	4	3600

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza media in minuti	Temperatura	Pressione	Tensione del vapor acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata $0^s.507$	Riduzioni: Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	Durata di oscillazione ridotta $0^s.507$
		h	m s	′	°	mm	mm								
Aprile 2															
P	147	6,1	32.54,63	16,5	10,02	734,9	7,6	0,929	7135	$\overline{7}$	$\overline{505}$	$\overline{581}$	18	4	6021
	148	7,1	33.33,27	16,2	,10	735,4	7,6	0,930	5633	7	508	582	18	4	4514
	149	8,2	33. 8,40	16,2	,13	735,9	7,6	0,930	6593	7	510	582	18	4	5472
	150	9,4	33.57,96	15,8	,11	736,6	7,5	0,931	4703	7	509	582	18	4	3583
P	147	18,0	32.55,23	16,2	9,84	740,1	6,9	0,937	7112	$\overline{7}$	$\overline{495}$	$\overline{586}$	14	4	6006
	148	19,0	33.33,54	16,7	,91	740,3	6,8	0,937	5622	7	499	586	14	4	4512
	149	20,0	33. 8,43	16,5	,97	740,6	6,8	0,937	6592	7	502	586	14	4	5479
	150	21,0	33.58,40	16,9	,98	741,5	6,8	0,938	4686	8	502	587	14	4	3571
Aprile 3															
Cs	147	6,4	32.54,96	16,2	9,63	746,9	6,5	0,946	7122	$\overline{7}$	$\overline{485}$	$\overline{592}$	9	4	6025
	148	7,3	33.33,52	18,3	,68	747,5	6,5	0,947	5623	9	487	592	9	4	4522
	149	8,2	33. 8,84	16,2	,69	747,9	6,5	0,947	6576	7	488	592	9	4	5476
	150	9,1	33.57,88	17,4	,68	748,4	6,5	0,948	4706	8	487	593	9	4	3605
Cs	147	16,5	32.55,47	16,5	9,44	750,4	6.5	0,951	7102	$\overline{7}$	$\overline{475}$	$\overline{595}$	4	4	6017
	148	17,4	33.34,00	18,6	,54	751,2	6,5	0,952	5605	9	480	595	4	4	4513
	149	18,3	33. 9,08	16,2	,58	752,2	6,5	0,953	6567	7	482	596	4	4	5474
	150	19,2	33.58,28	18,3	,60	752,9	6,5	0,954	4691	9	483	597	4	4	3594
Aprile 4															
P	147	8.0	32.55,73	16,2	9,33	756,2	6,2	0,959	7092	$\overline{7}$	$\overline{470}$	$\overline{600}$	2	4	6009
	148	9,1	33.34,07	16,5	,40	756,2	6,2	0,959	5602	7	473	600	2	4	4516
	149	10,2	33. 9,40	16,2	,43	756,1	6,2	0,959	6554	7	475	600	2	4	5466
	150	11,7	33.58,63	16,2	,48	755,6	6,2	0,958	4678	7	477	599	2	4	3589

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapor acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta 0s.507
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm								
Cassinis	150	9,1	33.11,24	16,8	12,8	22,26	757,2	15,0	0,914	6482	— 6	— 1121	— 571	+ 86	— 3	4867
	149	14,7	32.23,85	16,3	11,9	,60	756,5	15,0	0,912	8376	5	1138	571	86	3	6745
	148	15,9	32.47,85	16,9	13,5	,93	756,4	15,2	0,911	7405	6	1154	570	86	3	5758
	147	17,4	32.11,27	16,9	12,7	23,18	756,4	15,8	0,910	8895	6	1167	569	86	3	7236
Luglio 18																
Reina	147	7,9	32.11,18	16,4	12,3	22,47	755,7	15,9	0,911	8899	— 6	— 1131	— 570	+ 86	— 3	7275
	148	9,3	32.47,62	16,6	12,7	,90	755,5	16,9	0,909	7415	6	1153	569	86	3	5770
	149	10,5	32.23,27	16,6	13,0	23,16	755,2	16,3	0,908	8400	6	1166	568	86	3	6743
	150	15,7	33.10,07	17,2	13,2	,76	753,6	16,7	0,905	6528	6	1196	566	86	3	4843
Luglio 19																
C	150	7,9	33.10,20	16,9	13,1	22,74	751,0	14,8	0,905	6522	— 6	— 1145	— 566	+ 65	— 3	4867
	149	9,3	32.23,18	16,2	12,5	,98	750,5	15,5	0,904	8403	6	1157	565	65	3	6737
	148	10,5	32.47,26	16,7	12,8	23,13	750,3	16,1	0,903	7429	6	1165	565	65	3	5755
	147	11,6	32.10,20	17,0	13,0	,30	749,4	16,7	0,901	8939	6	1173	564	65	3	7258
R	150	14,5	33. 9,98	17,2	13,0	23,29	750,3	17,1	0,902	6535	— 6	— 1173	— 564	+ 65	— 3	4853
	149	15,7	32.22,37	17,1	12,9	,58	750,7	16,6	0,902	8436	6	1187	564	65	3	6741
	148	17,1	32.46,52	17,3	13,0	,52	750,5	16,1	0,902	7458	6	1184	564	65	3	5766
	147	18,4	32.10,10	16,9	12,4	,49	750,5	15,7	0,902	8943	6	1183	564	65	3	7252
Luglio 20																
R	147	8,1	32,10,47	17,2	13,0	22,69	753,1	16,1	0,907	8928	— 6	— 1142	— 568	+ 68	— 3	7277
	148	9,3	32.47,20	17,0	12,8	,97	,2	,1	0,907	7431	6	1156	567	68	3	5767
	149	11,0	32.22,73	17,3	13,0	23,14	,4	,0	0,907	8422	6	1165	567	68	3	6749
	150	12,1	33. 9,87	17,0	12,9	,30	,5	,0	0,906	6536	6	1173	567	68	3	4855

Roma (1° Periodo).

1912 - Luglio 17

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del v. por acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta 0s.507
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′		°	mm	mm								
C	147	15,2	32. 9,98	16,9	12,6	23,42	752.9	15,7	0,905	8948	—	—	—	+	—	7262
	148	16,3	32.46,46	17,5	13,3	,54	,7	16,1	0,904	7461	6	1185	566	68	3	5769
	149	17,5	32.22,42	16,0	12,4	,66	,7	,5	0,904	8434	5	1191	566	68	3	6737
	150	18,7	33. 9,34	16,9	13,0	,79	,7	,9	0,903	6556	6	1198	565	68	3	4852
Luglio 21																
C	149	10,1	32.22,98	17,4	13,0	23,18	752,5	15,3	0,905	8411	—	—	—	+	—	6734
	147	17,2	32.10,00	17,1	13,3	,14	751,7	15,4	0,905	8947	6	1165	566	65	3	7272
R	150	8,7	33.10,12	17,3	13.3	23,01	752.2	16,4	0,905	6526	6	1159	566	65	3	4857
	148	16,0	32.46,71	17,3	13,0	22,83	751,8	15,6	0,906	7451	6	1150	566	65	3	5791
Arcetri.																
1912 - Luglio 25																
R	147	8,1	32.11,93	16,5	12,1	23,96	745,1	14,2	0,895	8867	—	—	—	—	—	6976
	148	9,5	32.48,96	17,4	13,4	24,25	,1	,5	0,894	7361	6	1221	559	117	3	5455
	149	10,7	32.25,34	17,0	13,2	,39	744.9	,8	0,893	8315	6	1228	558	117	3	6403
	150	12,0	33.12,15	17,2	13,4	,43	,6	15,1	0,892	6447	6	1230	558	117	3	4533
C	147	15,6	32.11,54	17,1	12,9	24,44	743,7	14,5	0,892	8884	—	—	—	—	—	6970
	148	16,8	32 48,24	17,6	13,4	,50	,1	,5	0,891	7390	6	1234	557	117	3	5473
	149	18,1	32.24,70	16,2	12,3	,53	,3	,5	0,891	8341	5	1235	557	117	3	6124
	150	19,3	33.11,92	16,9	13,0	,64	,7	,5	0,891	6456	6	1240	557	117	3	4533
Luglio 26																
C	150	8,0	33.11,83	17,8	13,1	24,47	745,7	13,0	0,894	6459	—	—	—	—	—	4534
	149	10,1	32 24,60	16,4	12,9	,63	747,0	13.6	0,895	8345	6	1240	560	124	3	6412
	148	11,2	32 48,43	17,3	12,9	,71	746,8	14,2	0,895	7382	6	1244	560	124	3	5445
	147	12,3	32.10,24	17.6	13,6	.74	746,6	14,7	0,894	8937	6	1246	559	124	3	6999

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapor acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta 0s.507
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm			−	−	−	−	−	
R	150	15,9	33.10,81	17,6	13,1	24,82	745,7	15,1	0,893	6499	6	1250	558	124	3	4558
	149	17,3	32.23,49	17,1	12,9	,95	,5	,4	0,892	8391	6	1256	558	124	3	6444
	148	18,6	32.48,01	17,6	13,2	25,02	,7	,7	0,892	7399	6	1260	558	124	3	5448
	147	19,7	32.10,84	17,6	13,2	,13	,9	16,1	0,891	8912	6	1265	558	124	3	6966

Livorno.

1912 - Luglio 30

R	147	8,4	32 19.64	17,9	13,4	23,35	760,0	16,5	0,914	8549	− 7	− 1176	− 571	+ 56	− 3	6848
	148	9,8	32.56,96	18,2	13,8	,39	,3	,3	0,914	7043	7	1178	571	56	3	5340
	149	10,9	32.31,56	18,2	13,7	,49	,3	,2	0,914	8062	7	1183	571	56	3	6354
	150	11,9	33.21,29	18,2	14,6	,52	,4	,0	0,914	6092	7	1184	571	56	3	4383
C	147	14,8	32.19,63	18,3	13,8	23,42	760,7	15,9	0,914	8549	− 7	− 1179	− 572	+ 74	− 3	6862
	148	16,1	32.57,54	18,1	13,9	,50	,6	16,0	0,914	7020	7	1183	572	74	3	5329
	149	17,1	32.33,43	17,6	13,0	,54	,6	,1	0,914	7986	6	1185	572	74	3	6294
	150	18,3	33.21,10	17,7	13,5	,56	,5	,2	0,914	6100	6	1186	572	74	3	4407

Luglio 31

R	150	7,7	33.21,75	18,2	13,8	23,17	761,0	16,9	0,915	6074	− 7	− 1166	− 572	+ 130	− 3	4456
	149	9,7	32 24,23	18,0	13,1	,24	,4	,8	0,915	7953	6	1170	572	130	3	6332
	148	10,8	32.59.76	17,6	13,2	,27	,6	,7	0,916	6903	6	1171	573	130	3	5280
	147	11,9	32.22,89	18,2	13,6	,30	,8	,6	0,916	8415	6	1173	573	130	3	6790
C	150	15,1	33.22.59	17,2	13,0	23,29	761,2	16,5	0,915	6042	− 6	− 1172	− 572	+ 141	− 3	4430
	149	16,2	32.33,73	18,4	14,0	,41	760,8	,6	0,914	7973	7	1178	572	141	3	6354
	148	17,2	32.57,94	18.3	14,4	,45	,5	,8	0,914	7004	7	1180	571	141	3	5384
	147	18,2	32.20,31	18,0	14,0	,52	,3	,9	0,913	8521	7	1184	571	141	3	6897

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata $0^s.507$	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta $0^s.507$
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm								
R	147	7,9	32.22,65	18,2	13,6	23,22	759,7	16,9	0,913	8425	− 6	− 1169	− 571	+ 156	− 3	6832
	148	9,0	33. 0,13	17,9	13,6	,29	,6	,8	0,913	6918	6	1173	571	156	3	5321
	149	10,5	32.35,46	18.2	12,5	,33	,6	,8	0,913	7904	6	1175	571	156	3	6305
	150	12,5	33.22,89	18,2	13,6	,46	,7	,7	0,913	6031	6	1181	571	156	3	4426
C	147	15,1	32.22,33	18,6	14,1	23,40	758,9	16,9	0,912	8437	− 7	− 1178	− 570	+ 161	− 3	6840
	148	16,2	32.58,60	18,7	14,7	,50	,6	17,0	0,911	6978	7	1183	570	161	3	5376
	149	17,1	32 33,88	18,0	13,6	,54	,4	,1	0,911	7967	6	1185	569	161	3	6365
	150	18,1	33.21.53	18,2	13,6	.63	,1	,2	0,910	6083	6	1190	569	161	3	4476

Agosto 1

Genova.

1912 - Agosto 4

R	147	8,1	32.23,04	19,4	14,2	20,19	753,5	16,6	0,915	8409	− 8	− 1017	− 572	+ 19	− 2	6829
	148	9,3	33.01,54	19,4	14.8	,37	,4	.5	0,915	6862	8	1026	572	19	2	5273
	149	10,5	32.37,03	19,7	14,8	,43	,3	,4	0,915	7840	8	1029	572	19	2	6248
	150	11,8	33.25,13	19,7	14,8	,36	,2	,3	0,915	5944	8	1025	572	19	2	4356
C	147	15,1	32.23,08	19,9	15,3	20,25	753,0	16,3	0,915	8407	− 8	− 1020	− 572	+ 19	− 2	6824
	148	16,1	33.01,44	19,7	14,8	,34	752,6	,3	0,914	6866	8	1024	572	19	2	5279
	149	17,1	32.36,74	19,7	14,5	,34	,2	,4	0,913	7850	8	1024	571	19	2	6264
	150	18,1	33.24,88	19,8	14,8	,36	751,8	,4	0,913	5954	8	1025	571	19	2	4367

Agosto 5

R	150	7,9	33.25,74	19,4	15,1	19,79	749,5	16,4	0,912	5920	− 8	− 997	− 570	+ 27	− 2	4370
	149	10,3	32.37,63	19,7	14,8	20,07	,8	,4	0,911	7816	8	1011	570	27	2	6252
	148	11,4	33. 2,12	19,3	14,9	,17	,8	,4	0,911	6839	8	1015	570	27	2	5271
	147	12,9	32.23,60	19,3	14,8	,21	,8	,4	0,911	8386	8	1017	570	27	2	6816

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta 0s.507
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm								
C	150	15,8	33.25,65	19,6	14,4	20,08	750,6	16.4	0,912	5924	— 8	— 1011	— 570	+ 27	— 2	4360
	149	17.1	32.37,40	19,2	14,5	,24	749,8	.3	0,911	7825	8	1019	570	27	2	6253
	148	18,1	33. 2,05	19.2	14,8	,27	,6	,2	0,911	6842	8	1020	569	27	2	5270
	147	19,1	32.23,77	19,4	14,7	,26	,6	,1	0,911	8379	8	1020	569	27	2	6807

Agosto 5

Roma (2° Periodo).

1912 - Agosto 9

C	148	8,6	32.43.71	17,4	13,0	23,01	756,7	13,4	0,912	7571	— 6	— 1158	— 570	— 57	— 3	5777
	149	9,7	32.19,35	16,8	13,0	,13	,8	,8	0,912	8561	6	1165	570	57	3	6760
	150	10,7	33. 6,40	17,4	13,2	,35	,6	14,2	0,911	6671	6	1176	569	57	3	4860
	147	11,7	32. 6,15	17,4	13,2	,47	,7	,6	0,910	9108	6	1182	569	57	3	7291
R	148	14,5	32.42,86	17,7	13,6	23,46	757,1	14,6	0,911	7605	— 6	— 1181	— 570	— 57	— 3	5788
	149	15,6	32.18,51	17,3	13,0	,68	756,8	,7	0,909	8595	6	1192	569	57	3	6768
	150	16,7	33. 5,86	17,3	13.2	,83	.7	,8	0,909	6692	6	1200	568	57	3	4858
	147	18,1	32. 5,65	17,3	13,2	,95	,7	,9	0,908	9128	6	1206	568	57	3	7288

Agosto 10

C	147	8,6	32. 5,96	17,5	13,5	23,00	757,5	14,3	0.913	9115	— 6	— 1158	— 571	— 73	— 3	7304
	148	9,6	32.43,04	17,3	13,2	.23	,5	,5	0,912	7598	6	1170	570	73	3	5776
	149	10,6	32.18,63	16,2	12,3	,34	,5	,6	0.911	8590	6	1175	570	73	3	6763
	150	11,5	33. 5,94	16,8	12,7	,47	,6	,8	0,911	6690	6	1182	570	73	3	4856
R	147	14,4	32. 5,51	17,3	13,2	23,47	757,4	15,5	0,910	9134	— 6	— 1182	— 569	— 73	— 3	7301
	148	15,6	32.42.67	16,8	13,0	,78	,2	,8	0,909	7613	6	1197	569	73	3	5765
	149	16,7	32.18,15	17,3	13.0	,92	,1	16,0	0,908	8610	6	1204	568	73	3	6756
	150	18,1	33. 5,29	17,3	13,5	24,03	,0	,2	0,908	6715	6	1210	568	73	3	4855

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata $0^s.507$	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta $0^s.507$
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm								
R	150	8,4	33.52,45	18,5	13,9	14,95	745,0	10,7	0,924	4908	— 7	— 753	— 578	— 10	— 2	3558
	149	9,7	33. 1,89	18,3	13,9	15,05	744,9	,8	0,924	6849	7	758	578	10	2	5494
	148	11,0	33.27,71	18,5	14,2	,13	,8	,9	0,923	5845	7	762	577	10	2	4487
	147	12,2	32.48,77	18,5	13,9	,14	,7	,9	0,923	7368	7	762	577	10	2	6010
R	150	14,9	33.51,16	18,5	13,9	15,11	744,0	11,2	0,922	4955	— 7	— 761	— 577	— 10	— 2	3598
	149	16,0	33. 2.04	17,4	13,6	,17	743,8	,2	0,922	6842	6	764	577	10	2	5483
	148	17,2	33.27,74	18,3	14,2	,17	,7	,2	0,922	5844	7	764	576	10	2	4485
	147	18,3	32.48,49	18,5	14,2	,16	,9	,2	0,922	7380	7	763	577	10	2	6021
R	147	8,1	32.49,35	18,3	14,1	14,98	744,0	10,5	0,923	7345	— 7	— 754	— 577	— 4	— 2	6001
	148	9,2	33.28,27	18,3	13,9	15,03	,1	,5	0,923	5823	7	757	577	4	2	4476
	149	10,4	33. 2,10	18,4	13,7	,04	,0	,4	0,923	6840	7	758	577	4	2	5492
	150	11,5	33.51,51	18,5	13,9	,03	743,8	,4	0,923	4943	7	757	577	4	2	3596
R	147	14,7	32.49,10	18,3	13,9	14,98	743,5	10,3	0,922	7355	— 7	— 754	— 577	— 4	— 2	6011
	148	15 8	33.28,04	18,3	14,1	15,00	,5	,3	0,922	5832	7	755	577	4	2	4487
	149	16,9	33. 2,53	18,3	14,1	,00	,4	,4	0,922	6823	7	755	577	4	2	5478
	150	18,2	33.51,90	18,3	13,9	,01	,1	,4	0.922	4929	7	756	577	4	2	3583
R	150	8,3	33.52,92	18,3	13,9	14,81	743,1	10,4	0,922	4891	— 7	— 746	— 577	— 4	— 2	3555
	149	9,4	33. 2,75	18,1	13,7	,88	,1	,3	0,922	6814	7	749	577	4	2	5475
	148	10,5	33.27,52	18,5	13,9	,91	,2	,2	0,922	5852	7	751	577	4	2	4511
	147	11,6	32.48,76	18,5	13,9	,89	,3	,2	0,923	7369	7	750	577	4	2	6029

Vienna (2° Periodo).

1912 - Settembre 5

Settembre 6

Settembre 7

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata 0s.507	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta 0s 507
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm								
										Settembre 7						
R	150	15,0	33.52,90	18,5	13,9	14,85	743,5	10,4	0,923	4891	7	748	577	4	2	3553
	149	17,0	33. 2,72	18,5	13,9	,88	744,0	,3	0,923	6816	7	749	578	4	2	5476
	148	18,0	33.27,90	18,6	14,2	,91	,4	,2	0,924	5838	7	751	578	4	2	4496
	147	19,0	32.49,12	17,5	13,8	,89	,6	,2	0,924	7355	7	750	578	4	2	6014
										Potsdam.						
										1912 - Settembre 11						
R	150	10,6	34.21,49	16,6	13,0	14,23	751,9	9,4	0,936	3837	6	716	585	16	2	2512
	149	11,9	33.30,72	16,9	13,2	,25	752,3	,4	0,936	5730	6	717	586	16	2	4403
	148	13,1	33.56,93	16,9	12,8	,24	,6	,5	0,937	4741	6	717	586	16	2	3414
	147	14,4	33.16,89	16,9	13,3	,25	,9	,6	0,937	6262	6	717	586	16	2	4935
R	150	15,8	34.21,37	16,9	12,8	14,26	753,2	9,5	0,937	3842	6	718	586	17	2	2513
	149	17,0	33.30,27	16,6	12,7	,26	,6	,5	0,938	5747	6	718	586	17	2	4418
	148	18,0	33.56,55	16,9	12,8	,26	754,2	,4	0,939	4755	6	718	586	17	2	3426
	147	19,2	33.16,47	16,9	12,8	,26	,8	,4	0,939	6279	6	718	587	17	2	4949
										Settembre 12						
R	147	9,6	33.17,39	16,9	12,8	13,79	759,9	9,0	0,947	6243	6	694	593	17	2	4931
	148	10,9	33.56,86	16,9	12,8	,92	760,3	,1	0,947	4744	6	701	593	17	2	3425
	149	12,0	33.30,50	16,7	13,0	,99	,3	,1	0,947	5739	6	704	593	17	2	4417
	150	13,9	34.21,67	16,9	13,0	14,03	,3	,1	0,947	3831	6	706	593	17	2	2507
R	147	15,1	33.17,04	16,7	12,8	14,09	760,3	9,1	0,947	6256	6	709	592	17	2	4930
	148	16,2	33.56,71	16,9	12,8	,12	,3	,2	0,947	4749	6	711	592	17	2	3421
	149	17,2	33.30,42	16,7	12,5	,14	,4	,2	0,947	5741	6	712	592	17	2	4412
	150	18,4	34.21,43	16,9	12,8	,15	,8	,3	0.947	3840	6	713	592	17	2	2510

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm		0s.507						0s.507
										Settembre 13						
R	150	10,0	34.21,83	16,9	12,9	13,82	763,1	9,1	0,951	3826	—	—	—	—	—	2508
	149	11,2	33.30,46	16,9	12,8	,93	762,9	,2	0,951	5740	6	701	594	19	2	4418
	148	12,5	33.56,63	16,8	12,8	14,05	,7	,3	0,950	4752	6	707	594	19	2	3424
	147	13,9	33.16,66	16,9	12,8	,15	,5	,4	0,949	6271	6	712	593	19	2	4939
R	150	15,0	34.21,44	17,1	12,8	14,15	762,2	9,5	0,949	3839	—	—	—	—	—	2507
	149	16,2	33.30,27	16,7	12,8	,19	,0	,6	0,949	5747	6	714	593	19	2	4413
	148	17,2	33.56,17	16,9	13,0	,22	761,7	,6	0,948	4770	6	716	593	19	2	3434
	147	18,5	33.16,44	16,7	12,3	,27	,5	,7	0,948	6280	6	718	592	19	2	4943
										Roma (3° Periodo).						
										1912 - Ottobre 18						
C	148	8,8	32.47,97	17,0	11,4	18,18	760,1	10,9	0,932	7400	—	—	—	—	—	5782
	149	10,1	32.23,41	17,5	12,8	,38	759,8	10,9	0,931	8394	5	915	583	112	3	6765
	150	14,8	33.11,04	17,3	12,5	,41	758,2	11,0	0,929	6490	6	925	583	112	3	4861
	147	16,3	32.10,31	17,6	12,9	,65	757,7	11,0	0,928	8934	6	927	581	112	3	7294
										Ottobre 19	6	939	580	112	3	
C	147	8,7	32.11,12	17,5	12,9	18,08	757,0	10,5	0,929	8900	—	—	—	—	—	7294
	148	9,9	32.47,48	17,0	12,6	,28	756,9	,6	0,928	7420	6	910	581	106	3	5804
	149	11,0	32.23 40	17.3	12,8	,37	,7	,7	0,927	8395	6	920	581	106	3	6775
	150	12,1	33.11,11	16,8	12,4	,52	,6	,9	0,927	6487	6	925	580	106	3	4860
C	147	14,4	32.11,01	18,0	13,4	18,46	756,2	10,8	0,927	8905	—	—	—	—	—	7281
	148	15,4	32.48,00	17,3	12,8	,62	,0	11,0	0,926	7399	6	929	580	106	3	5768
	149	16,4	32.23,52	17,7	13,3	,67	,1	,1	0,926	8389	6	937	579	106	3	6755
	150	17,4	33.10,91	17,6	13,0	,73	,2	,3	0,926	6495	6	940	579	106	3	4858
											6	943	579	106	3	

Osservatore	Pendolo	Tempo civile	Intervallo di 60 coincidenze	Ampiezza in minuti		Temperatura	Pressione	Tensione del vapore acquoso	Densità relativa dell'aria	Durata di oscillazione osservata $0^s.507$	Riduzioni					Durata di oscillazione ridotta $0^s.507$
				prima	dopo						Ampiezza	Temperatura	Pressione	Andamento dell'orologio	Oscillazione del supporto	
		h	m s	′	′	°	mm	mm			—	—	—	+	—	
			Ottobre 29													
R	147	8,7	32.20,45	17,3	13,0	16,91	766,4	10,8	0,944	8516	6	851	591	231	3	7296
	148	9,9	32.57,73	17,6	13,4	17,25	,4	,8	0,943	7013	6	869	590	231	3	5776
	149	11,0	32.32,74	17,3	13,3	,37	,4	,8	0,943	8013	6	875	589	231	3	6771
	150	12,1	33.20,91	17,3	13,3	,56	,2	,8	0,942	6106	6	884	589	231	3	4855
R	147	14,7	32.19,85	17,4	13,2	17,48	765,3	11,2	0,941	8540	6	880	589	231	3	7293
	148	15,7	32.56,88	17,4	13,8	,76	,3	,3	0,940	7046	6	894	588	231	3	5786
	149	16,8	32.32,15	17,4	13,6	,86	,2	,4	0,940	8026	6	899	588	231	3	6761
	150	17,9	33.20,16	17,3	13,2	,97	,3	,5	0,940	6136	6	905	587	231	3	4866
			Ottobre 30													
R	150	9,0	33.20,98	17,3	13,2	17,21	764,4	11,2	0,941	6104	6	867	588	231	3	4871
	149	10,1	32.32,76	17,6	13,5	,48	,3	,2	0,940	8013	6	880	588	231	3	6767
	148	11,2	32.57,07	17,5	13,2	,62	,1	,3	0,939	7038	6	887	587	231	3	5786
	147	12,2	32.19,63	17,3	13,4	,77	763,7	,3	0,938	8550	6	895	587	231	3	7290
R	150	15,7	33.20,19	17,3	13,1	17,60	761,8	11,3	0,936	6135	6	886	586	231	3	4885
	149	16,8	32.32,06	17,3	13,2	,92	,9	,5	0,935	8041	6	902	585	231	3	6776
	148	17,8	32.56,43	17,3	13,2	18,03	,6	,7	0,935	7064	6	908	584	231	3	5794
	147	18,9	32.19,27	17,5	13,4	,10	,5	,9	0,934	8563	6	911	584	231	3	7290

I risultati di questi specchi si possono ancora raccogliere nel seguente quadro riassuntivo. Nelle ultime colonne sono preparate le differenze fra le durate di oscillazione di ogni pendolo e la durata media dei quattro pendoli di una serie. Esse serviranno ai calcoli da farsi più tardi per valutare il grado di precisione conseguito nelle osservazioni.

Stazione	Data 1912	Serie	Durate di oscillazione ridotte s_{417} 0s 507	s_{148} 0s.507	s_{149} 0s.507	s_{150} 0s.507	s_m 0s.507	$s_{147}-s_m$	$s_{148}-s_m$	$s_{149}-s_m$	$s_{150}-s_m$
								in unità della 7ª decimale			
Vienna	Marzo 30	1	5992	4499	5471	3590	4888	+1104	− 389	+583	−1298
»	» 31	2	6007	4498	5457	3572	4884	1123	386	573	1312
»	» 31	3	6015	4502	5474	3582	4893	1122	391	581	1311
»	Aprile 1	4	6017	4518	5485	3602	4906	1111	388	579	1304
»	» 1	5	6008	4518	5480	3600	4902	1106	384	578	1302
»	» 2	6	6021	4514	5472	3583	4898	1123	384	574	1315
»	» 2	7	6006	4512	5479	3571	4892	1114	380	587	1321
»	» 3	8	6025	4522	5476	3605	4907	1118	385	569	1302
»	» 3	9	6017	4513	5474	3594	4900	1117	387	574	1306
»	» 4	10	6009	4516	5466	3589	4895	1114	379	571	1306
			6012	4511	5473	3589	4896	+1116	− 385	+577	− 1307
Roma	Luglio 17	1	7236	5758	6745	4867	6151	+1085	− 393	+594	−1284
»	» 18	2	7275	5770	6743	4843	6158	1117	388	585	1315
»	» 19	3	7258	5755	6737	4867	6154	1104	399	583	1287
»	» 19	4	7252	5766	6741	4853	6153	1099	387	588	1300
»	» 20	5	7277	5767	6749	4855	6162	1115	395	587	1307
»	» 20	6	7262	5769	6737	4852	6155	1107	386	582	1303
»	» 21	7	7272	5791	6734	4857	6163	1109	372	571	1306
			7262	5768	6741	4856	6157	+1105	− 389	+584	− 1301
Arcetri	Luglio 25	1	6976	5455	6403	4533	5842	+1134	− 387	+561	−1309
»	» 25	2	6970	5473	6424	4533	5850	1120	377	574	1317
»	» 26	3	6999	5445	6412	4534	5847	1152	402	565	1313
»	» 26	4	6966	5448	6444	4558	5854	1112	406	590	1296
			6978	5455	6421	4539	5848	+1130	− 393	+573	− 1309
Livorno	Luglio 30	1	6848	5340	6354	4383	5731	+1117	− 391	+623	−1348
»	» 30	2	6862	5329	6294	4407	5723	1139	394	571	1316
»	» 31	3	6790	5280	6332	4456	5715	1075	435	617	1259
»	» 31	4	6897	5384	6354	4430	5766	1131	382	588	1336
»	Agosto 1	5	6832	5321	6305	4426	5721	1111	400	584	1295
»	» 1	6	6840	5376	6365	4476	5764	1076	388	601	1288
			6845	5338	6334	4430	5737	+1108	− 399	+597	− 1307

Stazione	Data 1912	Serie	Durate di oscillazione ridotte s_{147} 0s.507	s_{148} 0s.507	s_{149} 0s.507	s_{150} 0s.507	s_m 0s.507	$s_{147}-s_m$	$s_{148}-s_m$	$s_{149}-s_m$	$s_{150}-s_m$
								in unità della 7ª decimale			
Genova	Agosto 4	1	6829	5273	6248	4356	5677	+1152	−404	+597	−1321
»	» 4	2	6824	5279	6264	4367	5683	1141	404	581	1316
»	» 5	3	6816	5271	6252	4370	5677	1139	406	575	1307
»	» 5	4	6807	5270	6253	4360	5672	1135	402	581	1312
			6819	5273	6254	4363	5677	+1142	−404	+577	−1314
Roma	Agosto 9	1	7291	5777	6760	4860	6172	+1119	−395	+588	−1312
»	» 9	2	7288	5788	6768	4858	6175	1113	387	593	1317
»	» 10	3	7304	5776	6763	4856	6175	1129	399	588	1319
»	» 10	4	7301	5765	6756	4855	6169	1132	404	587	1314
			7296	5777	6762	4857	6173	+1123	−396	+589	−1316
Vienna	Sett. 5	1	6010	4487	5494	3558	4887	+1123	−400	+607	−1329
»	» 5	2	6021	4485	5483	3598	4897	1124	412	586	1299
»	» 6	3	6001	4476	5492	3596	4891	1110	415	601	1295
»	» 6	4	6011	4487	5478	3583	4890	1121	403	588	1307
»	» 7	5	6029	4511	5475	3555	4892	1137	381	583	1337
»	» 7	6	6014	4496	5476	3553	4885	1129	389	591	1332
			6014	4490	5483	3574	4890	+1124	−400	+593	−1316
Potsdam	Sett 11	1	4935	3414	4403	2512	3816	+1119	−402	+587	−1304
»	» 11	2	4949	3426	4418	2513	3826	1123	400	592	1313
»	» 12	3	4931	3425	4417	2507	3820	1111	395	597	1313
»	» 12	4	4930	3421	4412	2510	3818	1112	397	594	1308
»	» 13	5	4939	3424	4418	2508	3822	1117	398	596	1314
»	« 13	6	4943	3434	4413	2507	3824	1119	390	589	1317
			4938	3424	4414	2509	3821	+1117	−397	+593	−1312
Roma	Ottobre 18	1	7294	5782	6765	4861	6175	+1119	−393	+590	−1314
»	» 19	2	7294	5804	6775	4860	6183	1111	379	592	1323
»	» 19	3	7281	5768	6755	4858	6166	1115	398	589	1308
»	» 29	4	7296	5776	6771	4855	6175	1121	399	596	1320
»	» 29	5	7293	5786	6761	4866	6176	1117	390	585	1310
»	» 30	6	7290	5786	6767	4871	6179	1111	393	588	1308
»	» 30	7	7290	5794	6776	4885	6187	1103	393	589	1302
			7291	5785	6767	4865	6177	+1114	−392	+590	−1312

Da questa tabella si possono finalmente ricavare le durate di oscillazione dei quattro pendoli e della loro media per ciascuna delle stazioni. Esse sono raccolte nello specchio seguente, nel quale, oltre alle epoche, sono indicate le condizioni medie di temperatura e di pressione sotto cui le misure furono eseguite.

Stazione	Epoca	Numero delle serie	Ampiezza iniziale	Ampiezza diminuzione in	Temperatura media	Densità media dell'aria	S_{147}	S_{148}	S_{149}	S_{150}	S_m
		n	α_0	40^m	T	D	$0^s.507$	$0^s.507$	$0^s.507$	$0^s.507$	$0^s.507$
Vienna . . .	1912,25	10			9°.8	0.940	6012	4511	5473	3589	4896
Roma	» ,55	7	16'.9	4'.15	23.1	,906	7262	5768	6741	4856	6157
Arcetri . . .	» ,56	4	17.1	4.25	24.6	,893	6978	5455	6421	4539	5848
Livorno . . .	» ,58	6	18.1	4.50	23.4	,914	6845	5338	6334	4430	5737
Genova . . .	» ,59	4	19.5	4.90	20.2	.913	6819	5273	6254	4363	5677
Roma	» ,60	4	17.2	4.25	23.5	,910	7296	5777	6762	4857	6173
Vienna . . .	» ,68	6	18.3	4.50	15.0	,923	6014	4490	5483	3574	4890
Potsdam . . .	» .70	6	16.9	4.05	14.1	,944	4938	3424	4414	2509	3821
Roma	» ,81	7	17.3	4.20	18.0	,935	7291	5785	6767	4865	6177

Lo specchio mostra che l'ampiezza media iniziale dei pendoli è stata presso a poco la stessa in tutte le stazioni, condizione essenziale nelle misure di gravità relativa, quando si voglia che le generatrici del coltello che vengono successivamente ad appoggiarsi sul piano di sostegno si conservino sempre le stesse.

L'ampiezza iniziale media per tutte le stazioni risulta $\alpha_0 = 17',66$, ed il suo decremento, in 40 minuti, è di $4',35$. Ammettendo, come è indicato dalla teoria, che la legge di variazione della ampiezza sia rappresentata dalla formola

$$\alpha = \alpha_0 e^{-kt},$$

(t espresso in secondi), e sostituendo in questa

$$\alpha_0 = 17'.66 \qquad \alpha = 13'.31 \qquad t = 2400^s,$$

si trova il valore della *costante di estinzione* per i quattro pendoli usati:

$$k = 0.000118.$$

Il prof. Borrass ha trovato, per i suoi pendoli [1],

$$k = 0.000105;$$

il prof. Venturi [2]

$$k = 0.000112;$$

il prof. Schiötz

$$k = 0.000124.$$

[1] Veröff. d. k. Preuss. Geod. Inst. Neue Folge, n. 9, pag. 91.

[2] A. Venturi, *Gli integrali generali del moto del bipendolo*, Acc. di Palermo, 1911.

Da questi dati si rileva come i pendoli di Sterneck abbiano tutti, presso a poco, lo stesso coefficiente di estinzione.

Per quanto riguarda la variazione dei pendoli, considerando le due determinazioni eseguite a Vienna, che includono il periodo di tempo più lungo, si hanno i seguenti risultati in unità della 7ª decimale:

		147	148	149	150	Media
Vienna	marzo-aprile 1912	6012	4511	5473	3589	4896
»	settembre »	6014	4490	5483	3574	4890
		+2	−21	+10	−15	−6

Queste differenze sono comprese entro limiti ristretti, e, come si vedrà, non oltrepassano di molto i limiti degli errori d'osservazione. Si può dunque ritenere che, nel periodo considerato, i pendoli siano rimasti invariati.

Precisione delle osservazioni.

Indicando con s ed s' le durate di oscillazione *osservate* nella stazione di riferimento (Potsdam) ed in una stazione generica rispettivamente, e con S ed S′ le durate di oscillazione *ridotte*, si ha

$$S = s - c_1\alpha^2 - c_2T - c_3D + c_4a + \sigma$$
$$S' = s' - c_1\alpha'^2 - c_2T' - c_3D' + c_4a' + \sigma' .$$

La differenza di gravità viene calcolata in base alla differenza

$$S - S' = s - s' - c_1(\alpha^2 - \alpha'^2) - c_2(T - T') - c_3(D - D') + c_4(a - a') + \sigma - \sigma' .$$

Volendo questa differenza espressa in unità della 7ª cifra decimale, per le costanti saranno da assumere i valori

$$c_1 = \frac{s}{16}10^7 \quad , \quad c_2 = 50.35 \pm 0.06 \quad , \quad c_3 = \pm 625.4 \pm 10 \quad , \quad c_4 = \frac{s}{86400}10^7 .$$

Nel differenziare la differenza S − S′, si può notare che le costanti c_1 e c_4 sono date con precisione sufficiente quando vi si sostituiscano valori approssimati per s: esse possono cioè considerarsi come invariabili. Si avrà allora

$$d(S - S') = ds - ds' - 2c_1(\alpha\, d\alpha - \alpha' d\alpha') - dc_2(T - T') - c_2(dT - dT')$$
$$- dc_3(D - D') - c_3(dD - dD') + c_4(da - da') + d\sigma - d\sigma' .$$

Esaminiamo singolarmente i termini di questa espressione differenziale.

Errori delle durate di oscillazione osservate, s ed s′. — Essi dipendono in parte dalla osservazione delle coincidenze; ma in una parte certamente maggiore dalle variazioni dell'andamento dell'orologio durante le osservazioni stesse, dal modo con

cui il coltello del pendolo viene posato sul piano di agata, dalla adesione di qualche corpuscolo atmosferico al coltello, da eventuali variazioni nell'orientamento molecolare dei pendoli, o nel collegamento del coltello con l'asta. Lasciando a più tardi la ricerca della influenza collettiva di queste ultime cause, qui si terrà conto soltanto dell'errore dovuto alla osservazione delle coincidenze. Esso venne già determinato a pag. 798 ove si è trovato

$$ds = ds' = \pm 2.4 .$$

Errore dovuto alla osservazione delle ampiezze. — Le ampiezze venivano calcolate con la formola (pag. 798)

$$\alpha = \frac{0^{m}.003}{2\Delta} n ,$$

essendo n il numero delle parti lette sulla scala. Per un errore dn commesso nella letura della scala, risulta

$$d\alpha = \frac{0^{m}.003}{2\Delta} dn .$$

Si iniziavano solitamente le osservazioni con l'ampiezza di 8 parti; e si terminava quando l'ampiezza era discesa al valore di circa 6 parti, ed il calcolo della correzione si faceva col valor medio $n = 7$ parti. Attribuendo a questa lettura media lo errore $dn = 0^{p}.1$, e ritenendo in media $\Delta = 2^{m}.5$, risulta

$$2 c_1 \alpha d\alpha = \pm 0.2 .$$

Errori dovuti alla riduzione per la temperatura. — Si possono distinguere in due categorie: quelli della prima categoria dipendono dalla incertezza nella determinazione della costante c_2, e sono rappresentati dal termine

$$- dc_2 (T - T') .$$

Assumendo per T e T′ i valori medî delle temperature osservate nelle singole stazioni, registrati nello specchio a pag. 813, e ritenendo $dc_2 = \pm 0.06$, si ha

	T	T′	T — T′	$dc_2 (T - T')$
Potsdam	14°.1			
Vienna I		9°.8	4°.3	± 0.26
Roma I		23 .1	— 9 .0	0.54
Arcetri		24 .6	— 10 .5	0.69
Livorno		23 .4	— 9 .3	0.56
Genova		20 .2	— 6 .1	0.37
Roma II.		23 .5	— 9 .4	0.56
Vienna II		15 .0	— 0 .9	0.05
Roma III		18 .0	— 3 .9	0.23

Come risultato medio si ottiene quindi

$$dc_2\,(T - T') \quad \pm 0.4\,.$$

Gli errori della seconda categoria sono dovuti alla incertezza nel leggere i termometri, ma soprattutto al fatto che i termometri *Woÿtaček* e quello pendolare seguono con diversa rapidità le variazioni di temperatura, e difficilmente possono dare la vera temperatura posseduta dal pendolo. A pag. 787 si sono già dette le ragioni per le quali questa può sempre ritenersi compresa fra le due indicazioni $\frac{1}{2}\,(T_{152} + T_{153})$ e T_p. La differenza $dT = \frac{1}{2}\,(T_{152} + T_{153}) - T_p$ costituirà dunque un limite superiore dell'errore commesso nella valutazione della temperatura del pendolo. Per ogni stazione si avranno quindi, in corrispondenza, i seguenti errori nella durata di oscillazione:

	dT	$c_2 dT$
Vienna I	0°.08	± 0.4
Roma I	0 .04	0.2
Arcetri	0 .14	0.7
Livorno	0 .06	0.3
Genova	0 .01	0.05
Roma II.	0 .08	0.4
Vienna II	0 .02	0.1
Potsdam	0 .03	0.15
Roma III	0 .09	0.45

quindi, in media,

$$c_2\,dT = \pm 0.3\,.$$

Errori dovuti alla riduzione al vuoto. — Sono anche questi di due categorie. gli uni sono una conseguenza della incertezza nella determinazione della costante di pressione c_3, e sono rappresentati dal termine

$$dc_3\,(D - D')\,.$$

Assumendo anche qui per D e D′ i valori medî della densità dell'aria registrati per ogni stazione nello specchio a pag. 813, e ritenendo $dc_3 = \pm 10$ (in unità della 7ª decimale), si ha

	D	D′	D − D′	$dc_3\,(D - D')$
Potsdam	0.944			
Vienna		0.940	+ 0.004	± 0.04
Roma I		0.906	+ 0.038	0.38
Arcetri		0.893	+ 0.051	0.51
Livorno		0.914	+ 0.030	0.30
Genova		0.913	+ 0.031	0.31
Roma II		0.910	+ 0.034	0.34
Vienna II		0.923	+ 0.021	0.21
Roma III		0.935	+ 0.009	0.09

e come risultato medio

$$dc_3\,(D - D') = \pm 0.3\,.$$

Gli errori della seconda categoria dipendono dalla incertezza nel far le letture del barometro, dello psicrometro ecc., cioè nel determinare i varî elementi che figurano nella formola

$$D = \frac{B - \frac{3}{8} f}{760\,(1 + 0.003665\,T)} .$$

Ponendo per semplicità $B' = B - \frac{3}{8} f$, ed ammettendo come limite superiore di errore $dB' = 0^{mm}.3$, risulta

$$c_3\, dD = c_3 \frac{dB'}{760} = \pm 0.25 .$$

Errore dovuto alla inesatta conoscenza dell'andamento dell'orologio. — Ammesso che l'orologio delle coincidenze abbia conservato un andamento costante in tutto il periodo compreso fra i confronti fatti col pendolo delle osservazioni astronomiche, la valutazione dell'errore in parola si è gia fatta a pag. 778, trovando

per Potsdam . . . . . $c_4\, da = \pm 1.2$

per una stazione generica . $c_4\, da' = \pm 2.3$.

Errore nel determinare l'influenza della oscillazione del supporto. — Si è già valutato a pag. 795, trovando

$$d\sigma = d\sigma' = \pm 0.3 .$$

Sostituendo i valori numerici di tutti questi errori nella formola

$$m^2_{s-s'} = 2\,(ds)^2 + 2\,(2c_1\,\alpha\, d\alpha)^2 + dc_2^2\,(T - T')^2 + 2\,(c_2\, dT)^2 + dc_3^2\,(D - D')^2 + 2\,(c_3\, dD)^2 + (c_4\, da)^2 + (c_4\, da')^2 + 2\,(d\sigma)^2 ,$$

si ottiene

$$m^2_{s-s'} = 2\,(2.4)^2 + 2\,(0.2)^2 + (0.4)^2 + 2\,(0.3)^2 + (0.3)^2 + 2\,(0.25)^2 + (1.2)^2 + (2.3)^2 + 2\,(0.3)^2 = 19.0 .$$

Rimane da considerare la parte dell'errore dovuta alle altre cause alle quali si è accennato sopra: influenza della posa dei pendoli, loro contrazione molecolare, irregolarità nell'andamento dell'orologio, tremori ed oscillazioni del suolo, influenza eventuale di pulviscoli atmosferici interponentisi fra il coltello ed il piano di agata. Sotto questo riguardo si aveva ben cura, prima di collocare un pendolo sulla mensola, di pulire tanto il piano di agata quando il coltello; ma è ben noto che dove c'è aria c'è polvere.

L'effetto complessivo di tutte queste cause non può essere ricavato che dal confronto dei valori ottenuti per le durate di oscillazione dei pendoli nelle singole stazioni.

Seguendo l'esempio di Borrass [1], si indicherà con μ la parte accidentale dell'errore affettante una durata d'oscillazione s, dovuta cioè a cause variabili nel passaggio dalla osservazione di un pendolo a quella del successivo; con $\varkappa$ la parte sistematica, dovuta cioè a cause che permangono durante le osservazioni dei pendoli di una serie (inesatta conoscenza dell'andamento giornaliero del pendolo, condizioni di pressione, umidità e temperatura influenzanti, in un determinato senso, detto andamento, ecc.).

Siano rappresentate nel seguente quadro le durate di oscillazione dei quattro pendoli, osservate in una stazione, insieme con le loro medie per serie (s_m) e per pendoli (S):

1ª serie	s_1'	s_2'	s_3'	s_4'	s_m'	(media)
2ª "	s_1''	s_2'	s_3''	s_4''	s_m''	
. . . . .						
nª "	$s_1^{(n)}$	$s_2^{(n)}$	$s_3^{(n)}$	$s_4^{(n)}$	$s_m^{(n)}$	
Medie	S_1	S_2	S_3	S_4	S_m	

Si formino le differenze

$$s_1' - S_1 = v_1 \qquad s_1'' - S_1 = v_2 \qquad\qquad s_1^{(n)} - S_1 = v_n$$

Si avrà

1)
$$\begin{cases} (n-1)(\mu^2 + \varkappa^2) = [vv] & \text{pel 1° pendolo} \\ 4(n-1)(\mu^2 + \varkappa^2) = [vv] & \text{pei 4 pendoli} \\ 4([n]-r)(\mu^2 + \varkappa^2) = [vv] & \text{pei 4 pendoli e per tutte le stazioni (in numero di } r\text{).} \end{cases}$$

Nella media s_m delle quattro durate di oscillazione di una serie, l'errore accidentale sarà ridotto a $\frac{\mu}{\sqrt{4}}$, mentre l'errore sistematico $\varkappa$ sarà tutto conservato. Se si fanno quindi le differenze

$$s_m' - S_m = V_1 \qquad s_m'' - S_m = V_2 \qquad\qquad s_m^{(n)} - S_m = V_n,$$

si avrà

2)
$$\begin{cases} (n-1)\left(\frac{\mu^2}{4} + \varkappa^2\right) = [VV] & \text{per una stazione} \\ ([n]-r)\left(\frac{\mu^2}{4} + \varkappa^2\right) = [VV] & \text{per tutte le stazioni.} \end{cases}$$

[1] *Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf 22 Stationen* etc., Veröff. d. k. Preuss. Geod. Inst, Berlin, 1896. — *Bestimm. der Polh. u. d. Intens. d. Schwerkraft in der Nähe des Berliner Meridians* etc., Veröff. d. k. Pr. Geod. Inst. (Neue Folge, 9), Berlin, 1902. — *Relative Bestimmungen d. Intens. d. Schwerkraft*, Veröff d. k. Pr. Geod. Inst. (Neue Folge, 23), Berlin, 1905.

Se finalmente si formano le differenze

$$s_1 - s_m = s_1 - \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4}{4} = \frac{3}{4} s_1 - \frac{1}{4}(s_2 + s_3 + s_4)$$

e le analoghe, da ciascuna di esse risulterà eliminato l'errore sistematico x. Considerando d'altra parte tali differenze come funzioni delle quattro durate d'oscillazione, il quadrato del loro errore medio risulterà

$$= \mu^2 \left(\frac{9}{16} + \frac{3}{16}\right) = \frac{3}{4}\mu^2 .$$

Confrontando dunque tali differenze colla loro media, ed indicando con v' i residui, si avrà

3)
$$\begin{cases} \frac{3}{4}(n-1)\,\mu^2 = [v'v'] & \text{pel } 1^o \text{ pendolo} \\ 3\,(n-1)\,\mu^2 = [v'v'] & \text{pei 4 pendoli} \\ 3\,([n]-r)\,\mu^2 = [v'v'] & \text{pei 4 pendoli e per tutte le stazioni.} \end{cases}$$

Si hanno dunque le seguenti formole per il calcolo dei due errori μ e x:

$$\mu^2 + x^2 = \frac{[vv]}{4([n]-r)}$$

$$\frac{\mu^2}{4} + x^2 = \frac{[VV]}{[n]-r}$$

$$\mu^2 = \frac{[v'v']}{3([n]-r)} .$$

Una di queste però è conseguenza delle altre due: per cui dalla coincidenza dei valori ricavati per μ dalle prime due formole e dalla terza, si può avere una prova della giustezza dei calcoli.

I valori delle durate d'oscillazione s, delle medie s_m ed S e delle differenze $s - s_m$ sono riassunti nei quadri a pag. 811 e seg. Con tali dati si ottengono i seguenti risultati:

Vienna I	$36\,(\mu^2 + x^2) = 3267$	$9\left(\frac{\mu^2}{4} + x^2\right) = 463$	$27\,\mu^2 = 1279$
Roma I	$24 = 2697$	$6 = 127$	$18 = 2223$
Arcetri	$12 = 2527$	$3 = 77$	$9 = 2213$
Livorno	$20 = 23271$	$5 = 2542$	$15 = 12919$
Genova	$12 = 591$	$3 = 61$	$9 = 345$
Roma II	$12 = 536$	$3 = 25$	$9 = 440$
Vienna II	$20 = 3733$	$5 = 88$	$15 = 3375$
Potsdam	$20 = 669$	$5 = 70$	$15 = 383$
Roma III	$24 = 1944$	$6 = 270$	$18 = 880$
	$180\,(\mu^2 + x^2) = 39235$	$45\left(\frac{\mu^2}{4} + x^2\right) = 3723$	$135\,\mu^2 = 24057$

Dalle prime due relazioni si ricava

$$\mu = 13.4 \qquad \varkappa = 6.1 ;$$

e dalla terza,

$$\mu = 13.4 .$$

Il quadro precedente, e più ancora quello delle durate di oscillazione, mostra come a Livorno i risultati delle singole determinazioni siano stati assai discordi. Difficile è assegnare le cause di queste discordanze. Già si è detto, trattando della riduzione a supporto rigido, come non si riescisse a mettere in quiete il pendolo invariabile, il che accennerebbe a trepidazioni del suolo. La piccolezza della riduzione accennata, prova d'altra parte la completa stabilità della mensola. Il trattare la stazione di Livorno unitamente alle altre porta ad attribuire a queste una precisione minore di quella che effettivamente loro compete. Più logico sembra staccare dalle altre la stazione di Livorno, trattandola a parte, come una stazione non ben riescita.

Così operando, si ottengono, per l'insieme delle altre stazioni, le tre relazioni

$$160\,(\mu^2 + \varkappa^2) = 15964 \quad ; \quad 40\left(\frac{\mu^2}{4} + \varkappa^2\right) = 1181 \quad ; \quad 120\,\mu^2 = 11138 .$$

Dalle prime due si ricava

$$\mu = 9.7 \qquad \varkappa = 2.5 .$$

Lo stesso valore si ricava per μ dalla 3ª.

Le tre equazioni relative a Livorno dànno invece

$$\mu = 29.6 \qquad \mu = 29.4 \qquad \varkappa = 17.0 .$$

Resta da determinarsi la parte dell'errore dovuta al passaggio da una stazione ad un'altra. Servono a tal uopo i valori delle differenze $S_{147} - S_m$, $S_{148} - S_m$, $S_{149} - S_m$, $S_{150} - S_m$ registrati nei quadri a pag. 811 e seg. (medie delle differenze $s_{147} - s_m, \ldots$). Tali differenze si conserverebbero le stesse nelle varie stazioni, se non variasse la gravità. Per renderle fra loro comparabili, conviene ridurle ad una stessa stazione, ad es. quella di riferimento (Potsdam).

Siano S ed S′ le durate d'oscillazione di due pendoli dove la gravità è g:

$$S = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \qquad S' = \pi \sqrt{\frac{l'}{g}} .$$

Portando i due pendoli in un'altra stazione per la quale la variazione di gravità sia dg, si avrà

$$\frac{dS}{S} = -\frac{dg}{2g} \qquad \frac{dS'}{S'} = -\frac{dg}{2g}$$

$$d(S - S') = -\frac{dg}{2g}(S - S') .$$

Volendo dunque ridurre la differenza S — S′, osservata nella stazione di gravità $g + dg$, alla stazione di riferimento, bisognerà applicare ad essa la correzione

4) $$+\frac{dg}{2g}(S - S') .$$

Nel seguente specchio sono registrati (in unità della 7ª cifra decimale) i valori delle 4 differenze sopra accennate, osservate nelle singole stazioni.

	$S_{147} - S_m$	$S_{148} - S_m$	$S_{149} - S_m$	$S_{150} - S_m$
Vienna	+ 1116	— 385	+ 577	— 1307
Roma I	1105	389	584	1301
Arcetri	1130	393	573	1309
Livorno	1108	399	597	1307
Genova	1142	404	577	1314
Roma II	1123	396	589	1315
Vienna II	1124	400	593	1316
Potsdam	1117	397	593	1312
Roma III	1114	392	590	1311

Le correzioni da applicarsi a queste differenze per ridurle a Potsdam, calcolate colla formola 4) sono ordinatamente:

Vienna.	— 0.2	+ 0.1	— 0.1	+ 0.3
Roma	— 0.5	+ 0.2	— 0.3	+ 0.6
Arcetri.	— 0.4	+ 0.2	— 0.2	+ 0.5
Livorno	— 0.4	+ 0.2	— 0.2	+ 0.5
Genova	— 0.4	+ 0.1	— 0.2	+ 0.5

Si vede dunque che basta correggere di una unità le differenze $S_{150} - S_m$ osservate a Roma. Si ottiene allora il seguente quadro:

Stazioni	Numero delle serie n	$\frac{1}{n}$	$S_{147} - S_m$	$S_{148} - S_m$	$S_{149} - S_m$	$S_{150} - S_m$
Vienna I	10	0.100	+ 1116	— 385	+ 577	— 1307
Roma I	7	0.143	1105	389	584	1300
Arcetri.	4	0.250	1130	393	573	1309
Livorno.	6	0.167	1108	399	597	1307
Genova.	4	0.250	1142	404	577	1314
Roma II	4	0.250	1123	396	589	1315
Vienna II. . . .	6	0.167	1124	400	593	1316
Potsdam	6	0.167	1117	397	593	1312
Roma III. . . .	7	0.143	1114	392	590	1311
		$\Sigma\frac{1}{n} = 1.637$	+ 1120	— 395	+ 586	— 1310

Si indichi, come precedentemente, con μ^2 il quadrato della parte accidentale dell'errore di cui è affètta la durata d'oscillazione osservata s, e con λ^2 il quadrato della parte dovuta al mutare di stazione.

Il quadrato dell'errore della differenza $s - s_m$ sarà

$$\frac{3}{4}\mu^2 + \frac{3}{4}\lambda^2$$

ed il quadrato dell'errore della differenza $S - S_m$ sarà

$$\frac{3}{4}\frac{\mu^2}{n} + \frac{3}{4}\lambda^2 = M'^2 .$$

Scrivendo l'equazione analoga a questa per ciascuna delle r stazioni, e sommando, si avrà

$$\frac{3}{4}\mu^2 \Sigma\frac{1}{n} + \frac{3}{4} r\lambda^2 = r M'^2 .$$

Formando d'altra parte gli scostamenti V' fra ciascuna delle differenze $S - S_m$ e la loro media, si ha

$$M'^2 = \frac{[V'V']}{r-1} \qquad \text{per una differenza}$$

e

$$M'^2 = \frac{[V'V']}{4(r-1)} \qquad \text{per tutte e quattro le differenze.}$$

Questo valore, sostituito nella precedente equazione, conduce alla relazione:

$$3\frac{r-1}{r}\mu^2 \Sigma\frac{1}{n} + 3(r-1)\lambda^2 = [V'V'] ,$$

già stabilita ed usata da Borrass (1).

Ponendo, nel caso attuale,

$$\mu = 9.7 \qquad \mu^2 = 94.1 \qquad r = 9 \qquad \Sigma\frac{1}{n} = 1.637 ,$$

si trova

$$\lambda^2 = 70.2 .$$

Una seconda determinazione del valore di λ si può ottenere in base alle 6 differenze fra le durate medie di oscillazione dei quattro pendoli in ogni stazione. Tali differenze, dedotte dai dati contenuti nel quadro a pag. 811 e seg. sono, qui riassunte.

(1) Pubblicazione già citata (Neue Folge, 23), pag. 62.

	$S_{147}-S_{148}$	$S_{147}-S_{149}$	$S_{147}-S_{150}$	$S_{148}-S_{149}$	$S_{148}-S_{150}$	$S_{149}-S_{150}$
Vienna I	+ 1501	+ 539	+ 2423	— 962	+ 922	+ 1884
Roma I	1494	521	2406	973	912	1885
Arcetri	1523	557	2439	966	916	1882
Livorno	1507	511	2415	996	908	1904
Genova	1546	565	2456	981	910	1891
Roma II	1519	534	2439	985	920	1905
Vienna II	1524	531	2440	993	916	1909
Potsdam	1514	524	2429	990	915	1905
Roma III	1506	524	2426	982	920	1902

Le riduzioni di queste differenze alla stazione di Potsdam, calcolate colla formola 4), sono le seguenti:

Vienna	— 0.3	— 0.1	— 0.5	+ 0.2	— 0.2	— 0.4
Genova	0.6	0.2	0.9	0.4	0.3	0.7
Livorno	0.6	0.2	1.0	0.4	0.4	0.8
Arcetri	0.6	0.2	1.0	0.4	0.4	0.8
Roma	0.7	0.3	1.2	0.5	0.4	0.9

Correggendo di una unità i dati precedenti ogni qualvolta la riduzione sia ≥ 0.6, si ottiene il seguente quadro di differenze corrette:

Stazione	Numero delle serie n	$\frac{1}{n}$	$S_{147}-S_{148}$	$S_{147}-S_{149}$	$S_{147}-S_{150}$	$S_{148}-S_{149}$	$S_{148}-S_{150}$	$S_{149}-S_{150}$
Vienna I . . .	10	0.100	+ 1501	+ 539	+ 2423	— 962	+ 922	+ 1884
Roma I	7	0.143	1493	521	2405	973	912	1884
Arcetri	4	0.250	1522	557	2438	966	916	1881
Livorno	6	0.167	1506	511	2414	996	908	1903
Genova	4	0.250	1545	565	2455	981	910	1890
Roma II	4	0.250	1518	534	2438	985	920	1904
Vienna II . . .	6	0.167	1524	531	2440	993	916	1909
Potsdam	6	0.167	1514	524	2429	990	915	1905
Roma III . . .	7	0.143	1505	524	2425	982	920	1901
			+ 1514	+ 534	+ 2430	— 981	+ 915	+ 1896

Tenendo conto della parte dovuta al mutamento di stazione, il quadrato dell'errore medio della differenza $S_i - S_k$ sarà

$$\frac{2\mu^2}{n} + 2\lambda^2 = M''^2 .$$

Scrivendo questa equazione per ciascuna delle stazioni, e sommando, si avrà

$$2\mu^2 \Sigma \frac{1}{n} + 2r\lambda^2 = r M''^2 .$$

Formando d'altra parte gli scostamenti V″ fra ciascuna delle differenze $S_i - S_k$, e la loro media, si avrà:

$$M''^2 = \frac{[V''V'']}{r-1} \qquad \text{per una differenza}$$

e

$$M'^2 = \frac{[V''V'']}{6(r-1)} \qquad \text{per tutte e 6 le differenze.}$$

Sostituendo questo valore nella precedente relazione, si ottiene:

$$12\,\frac{r-1}{r}\,\mu^2 \Sigma \frac{1}{n} + 12(r-1)\,\lambda^2 = [V''V''].$$

Sostituendo, come precedentemente, in questa relazione,

$$\mu^2 = 94.1 \qquad r = 9 \qquad \Sigma \frac{1}{n} = 1.637,$$

si ottiene

$$\lambda^2 = 69.9$$

in buon accordo col valore precedentemente ottenuto. Si potrà dunque ritenere in media

$$\lambda^2 = 70.0.$$

Si sono ora preparati tutti gli elementi per calcolare il quadrato dell'errore medio M della differenza S — S′ fra Potsdam e una stazione generica, quando si intendano con S ed S′ le medie di tutte le durate di oscillazione osservate (ridotte) per tutti e quattro i pendoli. La parte

$$m^2_{S-S'} = 19.0,$$

calcolata a pag. 817, è da considerarsi come costante, ed entra tutta intera.

La parte accidentale del quadrato dell'errore, affettante ciascuna durata d'oscillazione,

$$\mu^2 = (9.7)^2 = 94.1,$$

dovrà essere divisa per $4n$ in ciascuna stazione.

La parte del quadrato dell'errore dovuta al cambiamento di serie

$$\varkappa^2 = (2.5)^2 = 6.2,$$

dovrà essere divisa per n in ogni stazione.

La parte, finalmente, dipendente dal mutamento di stazione, dovrà essere divisa per 4 (per avere la influenza sulla media dei risultati forniti dai 4 pendoli).

Indicando quindi con n il numero delle serie osservate a Potsdam, e con n' quelle di una stazione generica, si avrà

5) $$M^2 = 19.0 + \frac{94.1}{4n} + \frac{94.1}{4n'} + \frac{6.2}{n} + \frac{6.2}{n'} + \frac{70.0}{4}$$

6) $$M^2 = 36.5 + 29.7\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n'}\right).$$

Per la stazione di Livorno si avrà, invece,

$$5') \qquad M^2 = 19.0 + \frac{94.1}{4n} + \frac{870}{4n'} + \frac{6.2}{n} + \frac{289}{n'} + \frac{70.0}{4}$$

$$6') \qquad M^2 = 36.5 + \frac{29.7}{n} + \frac{506.5}{n'} .$$

L'accelerazione di gravità nelle varie stazioni.

Indicando con g l'accelerazione della gravità a Potsdam, e con g' quella in una stazione qualunque, si ha

$$g' = g \frac{S^2}{S'^2} .$$

Riesce però più comodo, per il calcolo, determinar la differenza di gravità colla serie

$$g' - g = 2g \frac{S - S'}{S} + 3g \left(\frac{S - S'}{S}\right)^2 + \cdots ,$$

il cui secondo termine non importa se non qualche frazione di unità della 3ª cifra decimale del cm., mentre il termine successivo è sempre trascurabile. Da questa si ricava

$$7) \qquad d(g' - g) = \frac{2g}{S} d(S - S') ,$$

potendosi ritenere praticamente trascurabile il differenziale del secondo termine.

Colle durate medie di oscillazione registrate nell'ultima colonna dello specchio a pag. 813; col valore della gravità della stazione di riferimento (cantina dell'Istituto Geodetico a Potsdam),

$$g = 981^{cm}.275 ,$$

e facendo uso delle formole 5) 6) 5') 6') e 7), si ottengono i seguenti risultati:

Stazione	Numero delle serie n	$S - S'$ 10^{-7}	$M_{S-S'}$ 10^{-7}	$g' - g$	$M_{g'-g}$
Vienna I	10	— 1075	± 6.7	cm — 0,415.7	cm ± 0.0026
Roma I	7	— 2336	6.8	— 0,903.0	26
Arcetri	4	— 2027	7.0	— 0,783.5	27
Livorno	6	— 1916	11.2	— 0,740.7	43
Genova	4	— 1856	7.0	— 0,717.5	27
Roma II	4	— 2352	7.0	— 0,909.2	27
Vienna II	6	— 1069	6.8	— 0,413.4	26
Roma III	7	— 2356	6.8	— 0,910.7	26

Come si vede dall'esame dei valori dell'ultima colonna, l'errore complessivo della differenza $g' - g$ varia poco col variare del numero delle serie osservate: ciò dipende dall'essere la parte accidentale dell'errore relativamente piccola rispetto alla parte sistematica (errore costante ed errore dipendente dal mutamento di stazione, il quale ultimo, per una determinata campagna gravimetrica, funziona pure come un errore costante).

Prendendo la media dei due valori ottenuti per Vienna e la media dei tre valori ottenuti per Roma, si ottiene

$$\text{Vienna} \ldots g' - g = -\overset{\text{cm}}{0{,}414.5}$$
$$\text{Roma} \ldots g' - g = -0{,}907.6$$

I valori definitivi della gravità osservata nelle singole stazioni (g) sono contenuti nella tabella seguente. In essa sono anche contenuti i valori g' ridotti a livello del mare, colla applicazione della riduzione [1] (detta anche di Faye):

$$+\frac{2g}{R}H = +10^{-7}.3086\,H \qquad (H \text{ espresso in metri}).$$

I valori della colonna intestata g'' sono ottenuti dai valori g applicando la riduzione

$$+\frac{2g}{R}H - \frac{3}{2}\frac{g}{R}\frac{\delta}{\delta_m}H + \text{Corr. topografica}$$

(δ densità superficiale, δ_m densità media terrestre).

I due primi termini costituiscono, come è ben noto, la riduzione di Bouguer. Circa il calcolo della correzione topografica fatto dall' ing. Cassinis in base alle carte topografiche, coi dati della densità forniti dal R. Comitato Geologico, ed estendendo i computi fino a 40 km. dal punto di stazione, si troveranno esposti i particolari nella Appendice che fa seguito al presente lavoro.

Aderendo finalmente ad un desiderio espressoci dal sig. O. H. Tittmann, sopraintendente dell'*U. S. Coast and Geodetic Survey*, per le stazioni italiane venne ancora fatta la riduzione seguendo il procedimento di J. F. Hayford, tenendo cioè conto dell'effetto della topografia e della compensazione isostatica per tutta intera la superficie terrestre. Il procedimento tenuto trovasi pure estesamente illustrato nella Appendice. I valori della gravità, così ridotti sono nella tabella indicati con g'''.

I valori normali γ della gravità nel *sistema di Potsdam* vennero calcolati colla formola [2]:

$$\gamma = 978.^{\text{cm}}030\ (1 + 0.005302\ \text{sen}^2\,\varphi - 0.000007\ \text{sen}^2\,2\,\varphi)\,.$$

[1] F. R. Helmert, *Die Schwerkraft und die Massenverteilung der Erde*. Encyklopädie der math. Wiss. VI, 1 B.

[2] Relazione già citata di Borrass, *16ten Allgem. Conf.*, III Bd., pag. 30.

Per differenza si ottennero quindi le anomalie della gravità registrate nelle ultime tre colonne.

Nella tabella le stazioni sono ordinate per latitudini decrescenti:

Stazione	Posizione geografica del centro di gravità del pendolo			Gravità osservata	Gravità ridotta			Gravità normale	Anomalie della gravità		
	φ	λ Ovest di Greenwich	H		secondo Faye	secondo Bouguer, inclusa la Corr. topogr.	secondo Hayford				
				g	g'	g''	g'''	γ	$g'-\gamma$	$g''-\gamma$	$g'''-\gamma$
				$980^{cm}+$							
	° ′	° ′	m	cm	cm	cm	...	cm	cm	cm	...
Potsdam . .	52.22,9	13. 4,1	83.4	1,275	1,301	1,294	...	1,277	+ 0.024	+ 0.017	...
Vienna. . .	48.12,7	16.21,6	181.6	0,860	0,916	0,897	...	0,906	+ 10	− 9	...
Genova . .	44.29,2	8.55,0	97.5	,557	,587	,579	0,617	,569	+ 18	+ 10	cm + 0.048
Arcetri. . .	43.45,2	11.15,2	183.8	,491	,547	,530	,572	,503	+ 44	+ 27	+ 69
Livorno. . .	43.32,0	10.18,5	5.6	,534	,536	,536	,555	,483	+ 53	+ 53	+ 72
Roma . . .	41.53,5	12.29.7	49.3	,367	,382	,378	,395	,335	+ 47	+ 43	+ 60

Si possono ora confrontare questi valori della gravità con quelli ottenuti in precedenti determinazioni.

Per Vienna si hanno molteplici determinazioni, ed il valore risultante dalla compensazione di Borrass (1) è

$$980^{cm}.860,$$

in completo accordo col nostro.

La differenza di gravità fra Genova e Padova venne replicatamente e con diversi apparati determinata dal dott. Alessio col concorso del dott. Silva (2), ottenendo

$$g_{\text{Genova}} = g_{\text{Padova}} - 0^{cm}.100 .$$

Adottando quindi per Padova il valore compensato di Borrass

$$g_{\text{Padova}} = 980^{cm}.658 ,$$

si ottiene

$$g_{\text{Genova}} = 980^{cm}.558 .$$

Se per Padova si assume invece il valore risultante dal riattacco fatto direttamente con Potsdam dallo stesso dott. Alessio ($980^{cm}.654$), si ottiene per Genova

$$g_{\text{Genova}} = 980^{cm}.554 .$$

Fra questi due valori è incluso quello da noi ottenuto ($980^{cm}.557$).

(1) Ibid., pag. 30.

(2) Memoria citata, a pag. 758; A. Alessio, *Osservazioni gravimetriche dal 1903 al 1911*, Ann. Idrogr., vol. 8°, anno 1911-1912.

Per Arcetri si hanno due precedenti determinazioni di gravità, entrambe riportate nel Rapporto di Borrass (pag. 208), l'una compiuta nel 1899 dal prof. Ciscato a mezzo di un pendolo filare, col risultato

$$980^{cm}.503,$$

l'altra dagli operatori dell'Istituto Geografico Militare colonn. Baglione, prof. Guarducci e prof. Andreini, col risultato

$$980^{cm}.481.$$

La media dei due valori è

$$980^{cm}.492,$$

in buon accordo col valore da noi ottenuto ($480^{cm}.491$).

A Roma si ha una determinazione assoluta di gravità compiuta dai proff. Pisati e Pucci, e tre determinazioni relative. Aggiungendo, ai valori già riportati a pag. 395, 396, la correzione

$$+ 0^{cm}.003$$

per ridurre la gravità dalla stazione dei proff. Pisati e Pucci alla nuova stazione nel sotterraneo della Scuola degli Ingegneri, si ottengono i risultati:

$980^{cm}.346$	(Pisati e Pucci)
$.353$	(Lorenzoni)
$.348$	(v. Triulzi)
$.350$	(Baglione, Guarducci, Andreini),

mentre il valore da noi ottenuto è $980^{cm}.367$.

Nel chiudere il presente lavoro, compiamo il gradito dovere di ringraziare il prof. G. Celoria Presidente della R. Commissione Geodetica Italiana per l'incoraggiamento di cui volle esserci largo, il prof. A. Abetti Direttore dell'Osservatorio astronomico di Arcetri, l'Ammiraglio A. Del Bono Direttore dell'Accademia Militare di Livorno, il Comandante A. Santi reggente la Direzione del R. Istituto Idrografico in Genova, il Capitano L. Andres Direttore della sezione Geodetica nell'Istituto Geografico Militare di Vienna, il prof. F. R. Helmert Direttore dell'Istituto Geodetico Prussiano, insieme al Capo-Sezione prof. E. Borrass, per la cortese e cordiale ospitalità largamente accordataci nei rispettivi Istituti.

APPENDICE

Riduzione dei valori delle gravità al livello del mare (metodi di Hayford, di Bouguer e di Faye).

Ing. Gino Cassinis.

Secondo l'ipotesi isostatica di Pratt modificata da Hayford (1), la pressione esercitata dalla massa gravante sull'unità d'area di una certa superficie equipotenziale (situata alla profondità di circa 120 km. sotto il livello del mare) è costante per tutti i punti della superficie stessa. Ne segue che al disotto dei continenti, e fino alla superficie suddetta, si deve trovare materia di densità tanto minore quanto più i continenti sono elevati, mentre al disotto degli oceani la densità deve risultare tanto più grande quanto più gli oceani stessi sono profondi.

Se, oltre a ciò, si ammette che, lungo ogni verticale, i relativi aumenti (o diminuzioni) di densità siano distribuiti in modo uniforme, si è in grado di calcolare numericamente le correzioni da apportarsi ai valori osservati della gravità per ridurli quali sarebbero, a livello del mare, su una terra senza alcun rilievo topografico, e la cui crosta esterna, per uno spessore di 120 km., fosse omogenea.

L'intera superficie terrestre, che può essere considerata come sferica col raggio $R = 6370$ km., si suddivide in *zone* per mezzo di circonferenze aventi i centri sul diametro passante per il punto di stazione S, e ogni zona si scompone a sua volta in un certo numero di *aree* trapezoidali, uguali tra loro, per mezzo di cerchi massimi uscenti dal punto di stazione. Si dirà *compartimento* il tronco di cono avente il vertice nel centro terrestre, avente per base una di tali aree, e lo spessore variabile, in corrispondenza ai vari casi, come verrà più avanti specificato.

La componente verticale dell'attrazione che la materia corrispondente a un compartimento esercita sulla unità di massa situata nel punto di stazione, è data dalla formula (2):

$$(1) \qquad f = \frac{4\pi k \delta r}{n}\left[\left\{F(x_2, y_2) - F(x_1, y_2)\right\} - \left\{F(x_2, y_1) - F(x_1, y_1)\right\}\right],$$

(1) J. F. Hayford, *The effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity* (Comptes Rendus de l'Assoc. Géod. Intern., 1910, pag. 365); J. F. Hayford e W. Bowie, id. id. (Coast and Geodetic Survey, U. S. A., Special pubblication, n. 10, Washington, 1912); W. Bowie, id. id. (*Second Paper*) (id. id., Special publication n. 12, Washington, 1912); G. Cassinis, *Sull'applicazione del metodo isostatico alla riduzione delle misure di gravità* (Memorie della Società Italiana delle Scienze, detta dei XL serie 3ª, tomo XVII, pag. 117, Roma 1912).

(2) G. Cassinis, loc. cit., pag. 121.

nella quale $F(x, y)$ ha l'espressione:

$$(2) \qquad F(x,y) = \frac{1}{6}\left\{y^2 + (3 - 2x^2)\,y + 2\,(1 - 6x^2)\,(1 - x^2) + 1\right\}\sqrt{T} - 2x^2\,(1 - x^2)\,(1 - 2x^2)\log_e 2\left\{y + 2x^2 + \sqrt{T}\right\}.$$

I simboli che entrano in queste relazioni hanno i seguenti significati:

$k = 6673.10^{-11}$ [C. G. S.] è la costante dell'attrazione newtoniana;

δ è la densità media della materia che costituisce il compartimento;

n è il numero dei compartimenti in cui si è divisa la zona;

$x_1 = \operatorname{sen}\frac{\theta_1}{2}$, $x_2 = \operatorname{sen}\frac{\theta_2}{2}$, dove θ_1 e θ_2 rappresentano gli angoli al centro della Terra, misurati a partire dal raggio passante per il punto di stazione e corrispondenti alle circonferenze minori che limitano la zona;

$r = R + H_s$, dove H_s è la quota del punto di stazione S sul livello del mare;

$y_1 = \frac{h_1}{r}$, $y_2 = \frac{h_2}{r}$, dove h_1 e h_2 sono le quote limiti del compartimento, relative alla superficie sferica passante per la stazione, da prendersi col segno positivo quando corrispondono a punti più elevati di S, col segno negativo nel caso contrario;

e infine si ha:

$$T = 4x^2\,(1 + y) + y^2.$$

Per le zone prossime alla stazione (fino a $\theta = 1°$) la superficie terrestre può ritenersi piana; la funzione F prende, in tal caso, la forma:

$$(3) \qquad F(d, h) = \frac{1}{2R}\sqrt{d^2 + h^2},$$

e la lunghezza d deve assumere i valori d_1 e d_2 dei raggi delle circonferenze limitanti la zona.

Invece, per le zone lontane dalla stazione, nelle quali il termine $\frac{y^2}{4x^2}$ sia tanto piccolo da poterlo trascurare rispetto all'unità, la funzione F diventa:

$$(4) \qquad F(x,y) = \frac{1}{2}xy\left\{1 + \frac{1 + 3x^2}{4x^2}y\right\}.$$

Con le formule precedenti, ritenendo per le costanti R e k i valori dati sopra, sono state calcolate delle tabelle che permettono di ottenere separatamente l'effetto dovuto alla topografia, e la riduzione isostatica propriamente detta (e quindi la riduzione complessiva), relative alle varie zone che corrispondono a una determinata stazione.

I raggi adottati per le circonferenze limitanti le zone, espressi in km. fino a $\theta = 1°$, e in misura angolare da questo valore in poi, sono dati nello specchio seguente.

Zona	d_1 km.	d_2 km.
1	0,00	0,01
2	0,01	0,03
3	0,03	0,10
4	0,10	0,22
5	0,22	0,40
6	0,40	0,65
7	0,65	1,0
8	1,0	1,5
9	1,5	2,2
10	2,2	3,2
11	3,2	4,6
12	4,6	6,8
13	6,8	10
14	10	14
15	14	20
16	20	28
17	28	40
18	40	56
19	56	78
20	78	111,18

Zona	θ_1	θ_2
I	1° 0′	1°20′
II	1 20	1 44
III	1 44	2 16
IV	2 16	3 0
V	3 0	3 56
VI	3 56	5 10
VII	5 10	6 46
VIII	6 46	8 50
IX	8 50	11 41
X	11 41	15 22
XI	15 22	20 12
XII	20 12	26 34
XIII	26 34	34 54
XIV	34 54	45 54
XV	45 54	60 18
XVI	60 18	79 16
XVII	79 16	104 12
XVIII	104 12	136 56
XIX	136 56	180 0

Nella costruzione delle tabelle si è adoperata la formula (3) fino alla zona 20 inclusa e le formule (2) o (4) per le rimanenti, a seconda dei valori assunti dal rapporto $\frac{y^2}{4x^2}$.

Per il computo delle riduzioni, ogni zona si suddivide in n compartimenti di uguali dimensioni, e di ognuno di essi si determina la quota media (riferita al livello del mare) facendo la semisomma delle quote massima e minima che vi si riscontrano (1). A tal uopo si fa uso di carte topografiche a grande scala nelle immediate vicinanze della stazione, e carte geografiche per le zone più lontane. Per eseguire il calcolo delle riduzioni nelle stazioni di Roma, Arcetri, Livorno e Genova, noi abbiamo adottato le seguenti carte:

Carte 1 : 25000 dell'Istituto Geografico Militare, fino alla zona 12 inclusa;
Carte 1 : 100000, dalla zona 13 alla 16 inclusa;
Carte 1 : 1500000 degli Atlanti Andree e Stieler, dalla zona I alla III inclusa;
Carta 1 : 3000000 dell'Atlante Andree, dalla zona IV alla VI inclusa;

(1) Questo metodo corrisponde abbastanza bene, in generale; ma in molti casi conduce a risultati troppo lontani dal vero. In tali circostanze abbiamo trovato preferibile di tener conto di un maggior numero di quote seguendo volta per volta quelle norme che meglio ci parevano adattarsi alla speciale conformazione del compartimento. A questi nuovi criterî son dovute, in parte, le differenze che si riscontrano tra i valori delle riduzioni relative a Roma dati in seguito, e quelli calcolati a pag. 133 della pubbl. citata.

Carte 1:1200000 (Europa) e 1:10000000 (Africa) dello stesso, dalla zona VII alla XI inclusa;

Carta dell' intera superficie terrestre in proiezione equivalente per le rimanenti zone.

Per la stazione di Roma si è adoperata la carta di Roma alla scala 1 : 5000 edita dall'I. G. M., fino alla zona 7 inclusa; per la stazione di Arcetri, insieme con la carta 1 : 25000, quella 1 : 10000 di Firenze e dintorni, edita dallo stesso I. G. M.

Infine le profondità marine per le zone prossime alle stazioni di Livorno e Genova sono state ricavate dalle carte dell'Istituto Idrografico della Marina.

La suddivisione in zone e compartimenti si effettuò sovrapponendo alle diverse carte appositi fogli trasparenti sui quali erano state precedentemente tracciate, nella scala della carta, le circonferenze limitanti le varie zone e le rette di separazione dei compartimenti. I compartimenti si distinguevano con un numero progressivo da 1 fino a n procedendo nel senso delle lancette dell'orologio. Nella sovrapposizione si aveva cura che il centro del fascio dei cerchi cadesse sul punto di stazione e che il raggio separante il primo compartimento dall'ennesimo fosse sovrapposto alla porzione del meridiano del punto di stazione diretta verso il nord. Per le zone oltre la XI le circonferenze che le limitano si trasformano sulla carta in curve speciali che si descrissero seguendo il procedimento indicato a pag. 130 della pubblicazione citata.

La quota media di ogni compartimento determina volta per volta i limiti di integrazione da introdursi come argomenti nelle tabelle per ottenere i valori delle espressioni

$$-\frac{n}{\delta} f .$$

Questi ultimi, divisi per il numero n e moltiplicati per la densità δ relativa al compartimento in questione, dànno i valori delle riduzioni $-f$ espresse in unità della 5ª cifra decimale del $\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$ (1).

La densità media della crosta terrestre è stata assunta uguale a 2,67, mentre per quella dei mari si è ritenuto il valore 1,03. Però, per le zone prossime alle varie stazioni, e fino alla distanza $d = 28$ km. (zona 16), i valori delle densità medie dei varî compartimenti si sono ricavati dall'esame della Carta Geologica d'Italia 1 : 100000 pubblicata dal Comitato Geologico Italiano. Le *densità di compensazione* si dedussero dalla tabelletta appositamente calcolata nella pubblicazione citata.

I due quadri che seguono dànno un esempio della disposizione adottata per eseguire i computi delle riduzioni.

(1) Per la determinazione dei limiti di integrazione e dei valori di δ, ved. la pubblicazione citata, pag. 126.

Stazione: **Genova.**

$H_s = +\,0,^{km}097$ - Zona 9 : $n = 16$.

Compartimento	Quote riferite al livello del mare			Effetto della topografia						Compensazione isostatica					
				Limiti		Valore ricavato dalle tabelle	Densità δ	Parte		Limiti		Valore ricavato dalle tabelle	Densità di compensazione δ	+ | −	
								terrestre	marina						
	$H_{max.}$	$H_{min.}$	H_{medio}	h_1	h_2			$10^{-5}\frac{cm}{sec^2}$		h_1	h_2			$10^{-5}\frac{cm}{sec^2}$	
	Km.	Km.	Km.	Km.	Km.					Km.	Km.				
1	+0,470	+0,170	+0,320	−0,097	+0,223	+17	+2,6	+3		−120,1	−0,097	−2885	−0,0071	+1	
2	,370	,150	,260		,163	+7		+1					58	1	
3	,350	,040	,195		,098	0		0					43	1	
4	,260	,020	,140		,043	−5		−1					31	1	
5	,215	,017	,116		+0,019	−5		−1					26	0	
6	,080	,012	,046		−0,051	−5	+2,6	−1					10	0	
7	,050	+0,000	,025		−0,072	−3	+2,3	0					06	0	
8 (0,3)	+0,005	+0,000	+0,003	−0,097	−0,094	0	+2,3	0			−0,097		−0,0001	0	
8 (0,7)	−0,008	−0,016	−0,012	−0,109	−0,097	−1	−1,64		0		−0,109		+0,0002		0
9 (0,3)	+0,010	+0,000	+0,005	−0,097	−0,092	0	+2,3	0			−0,097		−0,0001	0	
9 (0,7)	−0,003	−0,017	*−0,012*	−0,109	−0,097	−1	−1,64		0		−0,109		+0,0002		0
10 (0,6)	+0,046	+0,000	+0,023	−0,097	−0,074	−3	+2,6	0			−0,097		−0,0005	0	
10 (0,4)	−0,002	−0,012	*−0,008*	−0,105	−0,097	−1	−1,64		0		−0,105		+0,0001		0
11	+0,090	+0,000	+0,045	−0,097	−0,052	−5	+2,6	−1			−0,097		−0,0010	0	
12	,129	,030	,080		−0,017	−5		−1					18	0	
13	,120	,040	,080		−0,017	−5		−1					18	0	
14	,250	,040	,145		+0,048	−5		−1					32	1	
15	,350	,050	,200		,103	0		0					44	1	
16	+0,470	+0,170	+0,320	−0,097	+0,223	+17	+2,6	+3		−120,1	−0,097	−2885	−0,0071	+1	
								0	0					+7	0
														+7	
			+1,992			+1	+2,6	0				−2885	−0,0434	+8	
			−0,019			−2	−1,64		0			−2885	+0,0003		0

STAZIONE: **Genova.**

ZONA XIX : $n = 8$.

N. B. — Data la proporzionalità tra i valori ricavati dalle tabelle e i relativi argomenti, nel computo dei limiti di integrazione può ritenersi $H_s = 0$.

COMPARTIMENTO	QUOTE riferite al livello del mare			EFFETTO DELLA TOPOGRAFIA					COMPENSAZIONE ISOSTATICA					
				Quote medie ridotte all'intero compartimento		Valore ricavato dalle tabelle	Densità δ	$10^{-5}\frac{cm}{sec^2}$	Limiti		Valore ricavato dalle tabelle	Densità di compensazione δ	$+ \mid - \; 10^{-5}\frac{cm}{sec}$	
	$H_{max.}$ Km.	$H_{min.}$ Km.	H_{medio} Km.	+ Km.	—				h_1 Km.	h_2 Km.				
1 m.	0,0	— 9,4	*— 5,0*		— 5,0				— 120,0	— 5,0	— 33324	+ 0,0713		— 297
2 (0,4	+ 2,2	0,0	*+ 0,8*	+ 0,3						0,0	34787	— 0,0178	+ 30	
2 (0,6	0,0	— 5,4	*— 3,0*		1,8					— 3,0	33909	+ 0,0420		107
3 (0,1	+ 3,8	0,0	+ 1,9	0,2						0,0	34787	— 0,0422	18	
3 (0,9	0,0	— 4,0	— 2,0		1,8					— 2,0	34202	+ 0,0278		106
4 (0,4	+ 4,6	0,0	*+ 3,3*	1,3						0,0	34787	— 0,0734	128	
4 (0,6	0,0	— 5,4	— 2,7		1,6					— 2,7	33996	+ 0,0377		96
5 (0,3	+ 4,0	0,0	*+ 2,8*	+ 0,8						0,0	34787	— 0,0623	+ 81	
5 (0,7	0,0	— 5,2	— 2,6		1,8					— 2,6	34026	+ 0,0363		108
6 m.	— 3,3	— 5,1	— 4,2		4,2					— 4,2	33558	593		248
7 m.	0,0	— 5,4	*— 4,0*		4,0					— 4,0	33616	566		238
8 m.	0,0	— 5,0	*— 4,0*		— 4,0					— 4,0	— 33616	+ 0,0566		— 238
				+ 2,6		— 760	+ 2,67	— 254	(parte terrestre)				+ 257	—1438
					— 24,2	— 7077	— 1,64	+ 1452	(parte marina)				— 1181	

Nella prima colonna si hanno i numeri d'ordine dei compartimenti. Quando essi non sono seguiti da indicazioni speciali, il compartimento è tutto situato sulla terraferma; quando sono seguìti dalla lettera *m*, il compartimento è tutto situato sul mare. Quando infine al numero d'ordine seguono due numeri frazionarî, il compartimento è situato in parte sulla terraferma e in parte sul mare; p. es. la notazione $2\begin{cases}0{,}4\\0{,}6\end{cases}$ significa che quattro decimi del secondo compartimento sono sulla terraferma, mentre sei decimi sono sul mare. Le frazioni si stimano a occhio.

Rispetto alla quota massima e minima contenute nelle colonne seconda e terza, è da osservare che esse possono (e devono) determinarsi con molta precisione per le zone prossime alla stazione, mentre, per le più lontane, un errore anche notevole non ha importanza se si ha di mira soltanto la riduzione complessiva; ma se si vogliono prendere in considerazione separatamente l'effetto dovuto alla topografia e la riduzione isostatica, bisogna procedere con maggiori cautele e aumentare il numero dei compartimenti rispetto a quello che sarebbe strettamente necessario per il calcolo della riduzione complessiva. Naturalmente, l'imperfetta conoscenza di ancora molto estese regioni della terra e del fondo dei mari porta a commettere degli errori che non è possibile, per ora, eliminare (1).

Nella quarta colonna trovan posto le quote medie scritte in caratteri *corsivi* quando non sono ottenute dalla semplice media aritmetica $\frac{H_{max}+H_{min}}{2}$.

Segue il computo dell'effetto dovuto alla conformazione topografica, fatto in modo un po' differente per le zone prossime e per le lontane. Nel primo caso, determinati i limiti di integrazione h_1 e h_2 relativi a ogni compartimento, si deduce dalle tabelle il valore corrispondente della funzione $-\frac{n}{\delta}f$ che, diviso per n e moltiplicato per δ e per la frazione di compartimento (se questo è stato suddiviso), dà il valore della riduzione in unità della 5ª cifra decimale del $\frac{cm}{sec^2}$. La somma dei numeri così ottenuti dà la porzione della riduzione complessiva dovuta alla conformazione topografica, e si può suddividere in parte terrestre e marina. Nel nostro caso, per la zona 9, si ottengono i valori 0 e 0 per le due riduzioni. Una prova del computo eseguito si può fare sommando tutti i numeri della colonna « Valore ricavato dalle tabelle », i quali corrispondono a parti terrestri (dopo averli moltiplicati per la frazione di compartimento rispettiva, se è il caso), e tutti quelli che corrispondono a parti marine. Si ottengono nel nostro caso i numeri $+1$ e -2 che, divisi per $n=16$ e moltiplicati per le densità corrispondenti, dànno ancora i valori 0 e 0.

Per le zone lontane può invece adottarsi il procedimento seguente: nelle colonne 5ª e 6ª si scrivono le quote medie positive e negative (ridotte all'intero compartimento moltiplicandole per la corrispondente frazione di questo) e se ne fa la somma. Nel nostro caso, per la zona XIX si ottiene $+2{,}6$; $-24{,}2$. A questi due numeri corrispondono sulla tabella i valori -760 e -7077 che, divisi per $n=8$ e mol-

(1) loc. cit., pag. 132.

tiplicati per la densità δ, dànno la parte terrestre (— 254) e la marina (+ 1452) in unità della 5ª decimale del $\frac{cm}{sec^2}$. Questo metodo si può seguire, perchè i valori delle tabelle per le zone lontane sono proporzionali alle quote.

Anche per il computo della compensazione isostatica si possono seguire due procedimenti diversi. Il primo consiste nel determinarla compartimento per compartimento (ved. le ultime colonne), e non ha bisogno di schiarimenti. Il secondo si può adottare per le zone prossime alla stazione, nelle quali il « Valore ricavato dalle tabelle » non varia sensibilmente col variare dei limiti di integrazione h_1 e h_2. Si fa allora la somma delle quote medie positive e delle negative (moltiplicandole, ove occorra, per la frazione di compartimento relativa): a questi numeri corrispondono due densità di compensazione che si moltiplicano per il valore dato dalle tabelle e si dividono per n. La somma algebrica dei risultati dà la compensazione isostatica. Nel nostro caso, per la zona 9, le somme delle zone medie sono + 1,992, — 0,019; a esse corrispondono le densità di compensazione — 0,0434, + 0,0003, le quali devono essere moltiplicate per — 2885 e divise per $n = 16$. Si ottiene così il valore $+ 8.10^{-5} \frac{cm}{sec^2}$, il quale non differisce che di una unità dal valore calcolato nell'altro modo (+ 7).

I valori delle riduzioni relative all'intera zona si esprimono in unità della quarta decimale.

Con i procedimenti esposti si sono ottenute, per le quattro stazioni fatte in Italia, le riduzioni che seguono. I valori relativi alle zone dalla XII alla XIX per le stazioni di Arcetri e Livorno, che hanno quasi la stessa latitudine e una piccola distanza (80 km. circa), risultano due a due uguali. Per le stazioni estreme di Roma e Genova, tali valori differiscono assai poco tra loro. Si è quindi ritenuto conveniente di dedurre le riduzioni relative alle zone suddette per Arcetri e Livorno con una semplice interpolazione tra i valori calcolati per Roma e Genova, osservando che Livorno dista da Genova di circa $^1/_3$ della distanza tra Genova e Roma. Tali riduzioni sono scritte in caratteri *corsivi*.

EFFETTO DELLA TOPOGRAFIA E COMPENSAZIONE ISOSTATICA ESPRESSE IN UNITÀ DELLA QUARTA DECIMALE DEL $\frac{cm}{sec^2}$.

ZONA	ROMA				ARCETRI				LIVORNO				GENOVA			
	Effetto della topografia		Compensazione isostatica	Riduzione complessiva	Effetto della topografia		Compensazione isostatica	Riduzione complessiva	Effetto della topografia		Compensazione isostatica	Riduzione complessiva	Effetto della topografia		Compensazione isostatica	Riduzione complessiva
	parte terrestre	parte marina			parte terrestre	parte marina			parte terrestre	parte marina			parte terrestre	parte marina		
1	— 8		0	— 8	— 8		0	— 8	— 3		0	— 3	— 10		0	— 10
2	— 12		0	— 12	— 17		0	— 17	— 1		0	— 1	— 16		0	— 16
3	— 14		0	— 14	— 49		0	— 49	— 1		0	— 1	— 34		0	— 34
4	— 6		0	— 6	— 45		0	— 45	0	0	0	0	— 17		0	— 17
5	— 2		0	— 2	— 27		0	— 27	0	0	0	0	— 7		0	— 7
6	— 1		0	— 1	— 14		0	— 14	0	0	0	0	— 3		0	— 3
7	— 1		0	— 1	— 8		0	— 8	0	0	0	0	— 1	0	0	— 1
8	0		0	0	— 5		+ 1	— 4	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1
9	0		0	0	— 2		+ 1	— 1	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1
10	0		0	0	— 2		+ 1	— 1	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1
11	0		+ 1	+ 1	— 1		+ 1	0	0	0	0	0	0	0	+ 1	+ 1
12	0		+ 1	+ 1	— 1		+ 3	+ 2	+ 1	0	+ 1	+ 2	0	0	+ 4	+ 4
13	0		+ 1	+ 1	— 1		+ 6	+ 5	0	0	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 5	+ 7
14	0		+ 2	+ 2	0		+ 10	+ 10	0	0	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 8	+ 10
15	0		+ 6	+ 6	0		+ 16	+ 16	0	0	0	0	+ 2	+ 1	+ 13	+ 16
16	0	0	+ 11	+ 11	+ 1		+ 26	+ 27	0	0	+ 3	+ 3	+ 2	+ 1	+ 17	+ 20
17	+ 1	0	+ 24	+ 25	0		+ 43	+ 43	0	0	+ 4	+ 4	+ 1	+ 2	+ 16	+ 9
18	+ 1	0	+ 32	+ 33	+ 1		+ 55	+ 56	0	0	+ 11	+ 11	+ 1	+ 1	+ 16	+ 18
19	+ 2	0	+ 42	+ 44	0		+ 61	+ 61	+ 1	0	+ 23	+ 24	0	+ 1	+ 20	+ 21
20	+ 1	0	+ 40	+ 41	0	0	+ 49	+ 49	0	0	+ 23	+ 23	0	+ 1	+ 19	+ 20
I	— 1	+ 1	+ 15	+ 15	— 1	0	+ 22	+ 21	— 1	+ 1	+ 9	+ 9	— 1	+ 1	+ 30	+ 30
II	— 1	+ 3	— 21	— 19	— 1	+ 1	+ 11	+ 11	— 1	+ 1	+ 10	+ 10	— 2	+ 1	+ 61	+ 60
III	— 1	+ 3	— 22	— 20	— 2	+ 1	+ 19	+ 18	— 2	+ 2	+ 13	+ 13	— 5	+ 1	+ 74	+ 70
IV	— 2	+ 4	— 12	— 10	— 5	+ 2	+ 35	+ 32	— 5	+ 2	+ 36	+ 33	— 6	+ 2	+ 48	+ 44
V	— 2	+ 4	— 8	— 6	— 8	+ 3	+ 37	+ 32	— 7	+ 3	+ 35	+ 31	— 6	+ 2	+ 25	+ 21
VI	— 8	+ 5	+ 16	+ 13	— 9	+ 5	+ 16	+ 12	— 7	+ 5	+ 9	+ 7	— 7	+ 4	+ 14	+ 11
VII	— 13	+ 7	+ 16	+ 10	— 8	+ 5	+ 8	+ 5	— 9	+ 4	+ 13	+ 8	— 8	+ 5	+ 9	+ 6
VIII	— 15	+ 5	+ 20	+ 10	— 12	+ 5	+ 14	+ 7	— 12	+ 5	+ 15	+ 8	— 10	+ 4	+ 12	+ 6
IX	— 16	+ 6	+ 16	+ 6	— 14	+ 8	+ 10	+ 4	— 15	+ 7	+ 13	+ 5	— 16	+ 8	+ 13	+ 5
X	— 15	+ 8	+ 9	+ 2	— 17	+ 9	+ 10	+ 2	— 16	+ 9	+ 9	+ 2	— 18	+ 12	+ 8	+ 2
XI	— 22	+ 16	+ 8	+ 2	— 20	+ 23	— 4	— 1	— 20	+ 25	— 7	— 2	— 24	+ 27	— 5	— 2
XII	— 25	+ 27	— 2	0	*— 25*	*+ 33*	*— 9*	*— 1*	*— 25*	*+ 3*	*— 9*	*— 1*	— 25	+ 36	— 12	— 1
XIII	— 42	+ 36	+ 5	— 1	*— 41*	*+ 39*	*0*	*— 2*	*— 41*	*+ 39*	*0*	*— 2*	— 40	+ 40	— 3	— 3
XIV	— 72	+ 68	+ 4	0	*— 65*	*+ 70*	*— 5*	*0*	*— 65*	*+ 70*	*— 5*	*0*	— 62	+ 71	— 9	0
XV	— 89	+ 128	— 39	0	*— 92*	*+ 127*	*— 35*	*0*	*— 92*	*+ 127*	*— 33*	*0*	— 94	+ 126	— 33	— 1
XVI	— 117	+ 119	— 2	0	*— 118*	*+ 115*	*+ 3*	*0*	*— 118*	*+ 115*	*+ 3*	*0*	— 119	+ 114	+ 5	0
XVII	— 74	+ 261	— 186	+ 1	*— 67*	*+ 265*	*— 198*	*0*	*— 67*	*+ 265*	*— 198*	*0*	— 64	+ 267	— 203	0
XVIII	— 22	+ 270	— 246	+ 2	*— 23*	*+ 279*	*— 253*	*+ 3*	*— 23*	*+ 279*	*— 253*	*+ 3*	— 24	+ 283	— 257	+ 2
XIX	— 24	+ 149	— 124	+ 1	*— 25*	*+ 146*	*— 120*	*+ 1*	*— 25*	*+ 146*	*— 120*	*+ 1*	— 26	+ 145	— 118	+ 1
TOTALI	— 600	+ 1120	— 393	+ 127	— 731	+ 1136	— 166	+ 239	— 554	+ 1138	— 395	+ 189	— 637	+ 1158	— 219	+ 302

Esprimendo le riduzioni totali in unità della 3ª cifra decimale del $\frac{cm}{sec^2}$, si ottiene:

Riduzioni di Hayford espresse in unità della 3ª decimale del $\frac{cm}{sec^2}$.

Stazione	Effetto della topografia		Compensazione isostatica	Riduzione al livello del mare	Riduzione di Hayford
	parte terrestre	parte marina			
Roma	— 60	+ 112	— 39	+ 15	+ 28
Arcetri	— 73	+ 114	— 17	+ 57	+ 81
Livorno	— 55	+ 114	— 40	+ 2	+ 21
Genova	— 64	+ 116	— 22	+ 30	+ 60

Dalla tabella precedente si ottengono anche le riduzioni di Bouguer (inclusa la *correzione topografica*), tenendo conto dei valori della parte terrestre dell'effetto della topografia fino a una certa distanza dalla stazione, che è sufficiente fissare in 40 km., arrestando il computo alla zona 17. Basta, infatti, sommare i valori contenuti in ognuna delle colonne « parte terrestre », dalla zona 1 fino alla 17, per ottenere l'ammontare del termine

$$T = -\frac{3}{2}\frac{\delta}{\delta_m} g \frac{H_s}{R} + \text{correz. topografica}$$

relativo a ogni stazione.

I risultati sono riassunti nello specchio seguente:

Riduzioni di Bouguer espresse in unità della 3ª decimale del $\frac{cm}{sec^2}$.

Stazione	T	Riduzione al livello del mare	Riduzione di Bouguer, inclusa la correzione topografica
Roma	— 4	+ 15	+ 11
Arcetri	— 18	+ 57	+ 39
Livorno	0	+ 2	+ 2
Genova	— 8	+ 30	+ 22

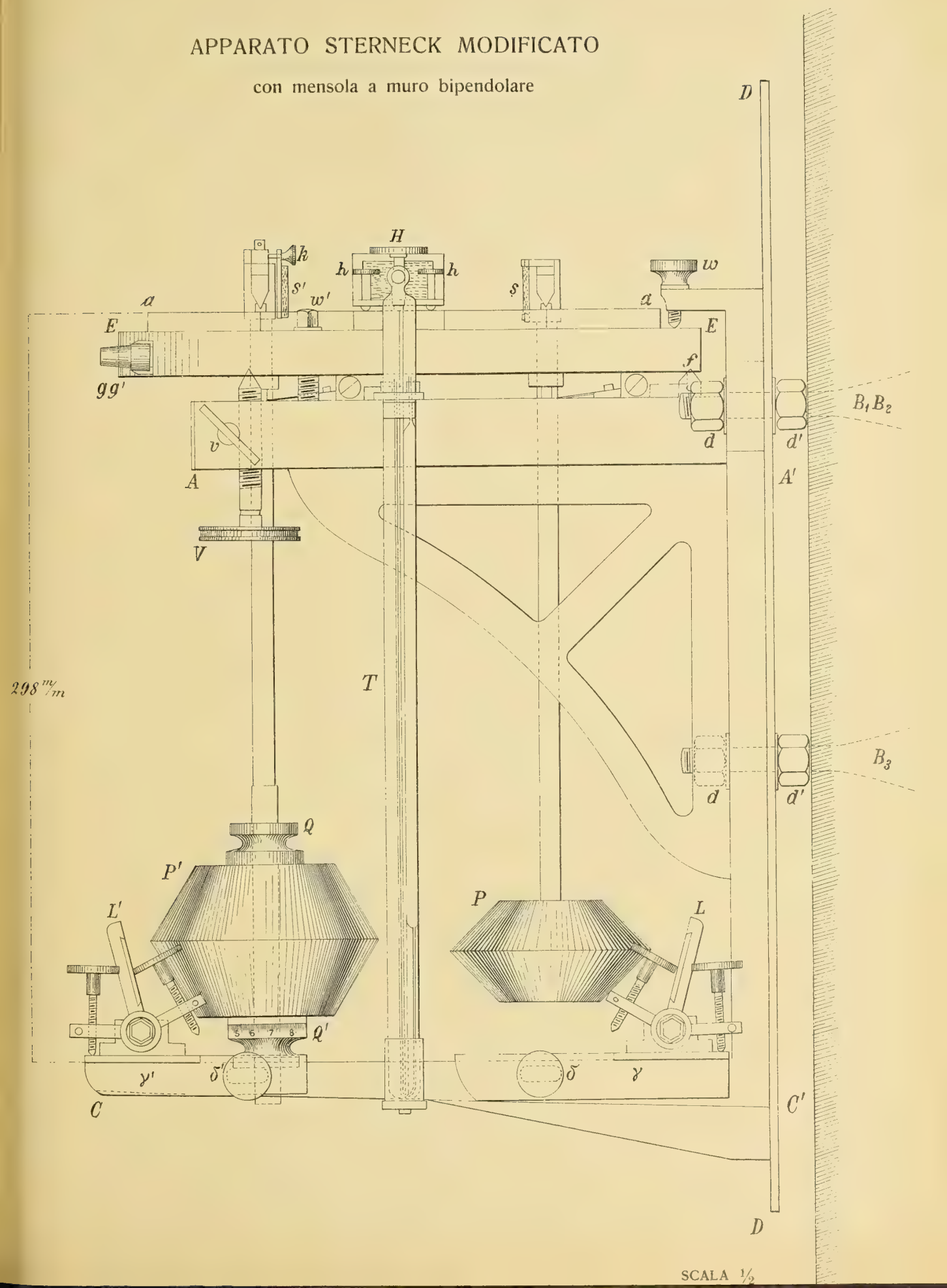
Per verifica, i valori della prima colonna, sono stati anche calcolati nel modo ordinario, servendosi, per il computo della correzione topografica, delle tabelle già

più volte citate, e ritenendo $\delta_m = 5.52$. I risultati ottenuti, che coincidono con i precedenti, sono qui riuniti:

Stazione	Attrazione della piastra sottostante $-\frac{3}{2}\frac{\delta}{\delta_m} g \frac{H_s}{R}$	Riduzione al livello del mare	Correzione topografica	Riduzione di Bouguer, inclusa la correzione topografica
Roma	— 5	+ 15	+ 1	+ 11
Arcetri	— 20	+ 57	+ 2	+ 39
Livorno. . . .	— 1	+ 2	+ 1	+ 2
Genova	— 11	+ 30	+ 3	+ 22

APPARATO STERNECK MODIFICATO

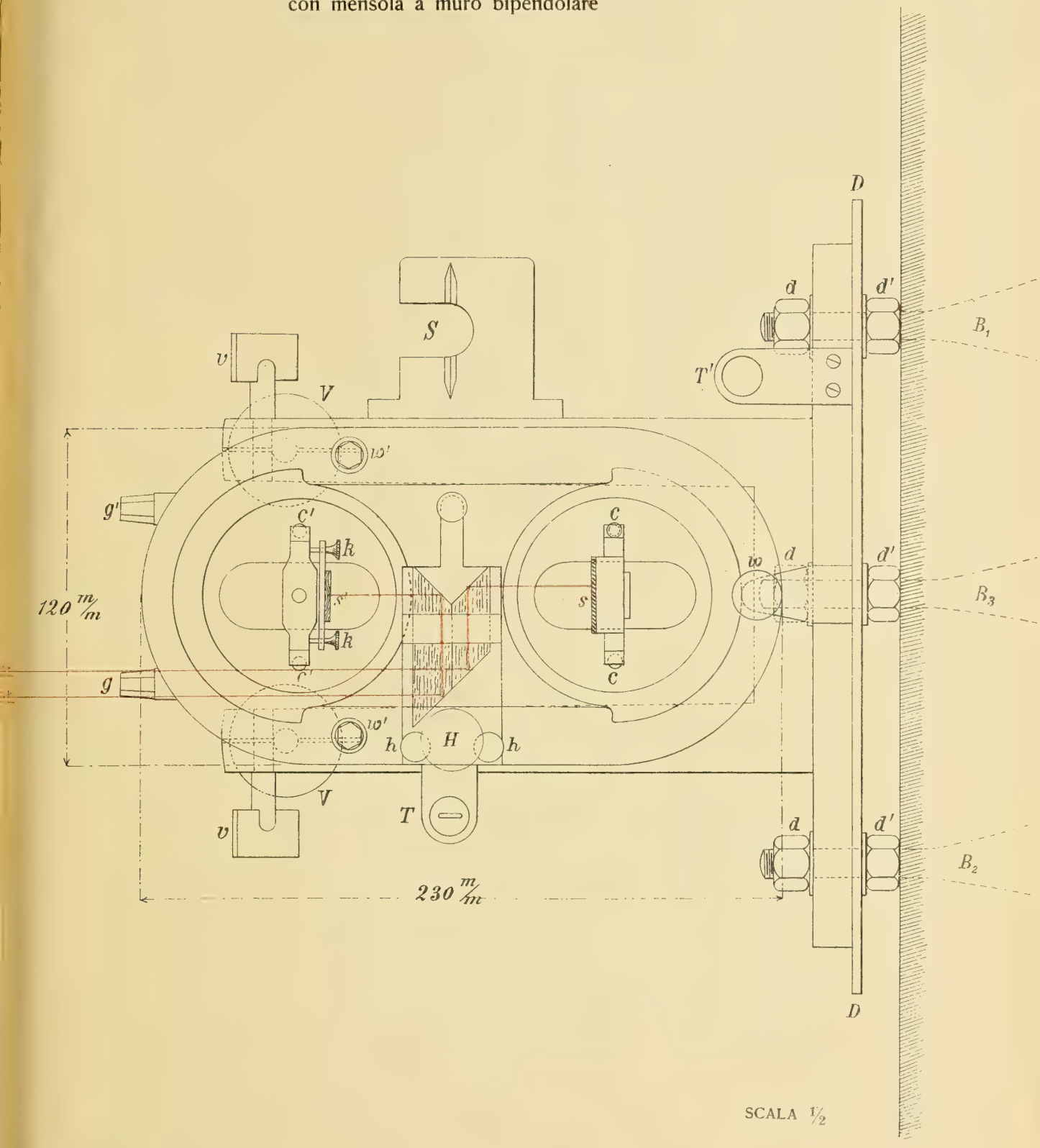
con mensola a muro bipendolare



SCALA 1/2

APPARATO STERNECK MODIFICATO

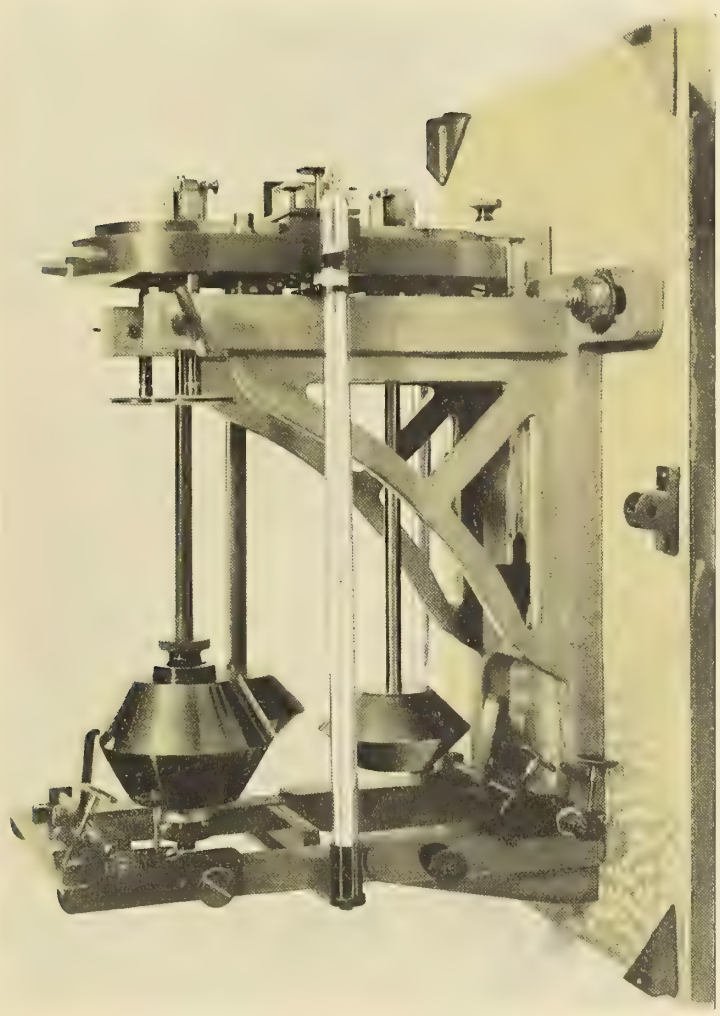
con mensola a muro bipendolare



SCALA 1/2

APPARATO STERNECK MODIFICATO

con mensola a muro bipendolare



INDICE DEL VOL. IX — SERIE 5ª

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

PAG.

Fossa-Mancini, *Studio critico sulla teoria del Poynting* 3

Bassani e Misuri, *Sopra un Delfinorinco del calcare miocenico di Lecce (Ziphiodelphis Abeli Dal Piaz)* (con una tavola) 25

Bruni, *Ricerche teoriche e sperimentali sulle soluzioni solide* 39

Issel, *Un omero di Felsinotherium* (con due tavole) 119

Martelli, *Osservazioni geologiche sugli Acrocerauni e sui dintorni di Valona* (con quattro tavole) 127

Borzì e Catalano, *Ricerche sulla morfologia e sull'accrescimento dello stipite delle palme* (con due tavole) 167

De Stefani, *La regione sismica Calabro-Peloritana* (con quattro tavole) . . 203

Allievi, *Teoria del Colpo d'ariete.* Nota I. *Esposizione generale del metodo* (con due tavole) 317

Nasini e Bresciani, *La materia allo stato sovraffuso e discontinuità in alcune sue proprietà fisiche in vicinanza del punto di fusione* (con nove tavole) 341

Lovisato, *Le specie minerali finora trovate nelle granuliti di Cala Francese all'isola della Maddalena* 403

Ranfaldi, *Sulla titanite di Val Giuf e minerali che l'accompagnano* (con una tavola) 437

Lumia, *Le concimazioni e i microbi del terreno* 457

Almansi, *Le equazioni generali della dinamica e la legge di gravitazione* 473

Cavazza, *Studio intorno alla variabilità dello Sciurus vulgaris in Italia* (con una tavola) 503

Béguinot e Belosersky, *Revisione monografica del Gen. Apocynum L. Studio biologico e sistematico* (con dodici tavole) 595

Nasini e Bresciani, *Nuove ricerche sulla materia allo stato sopraffuso* (con due tavole) 735

Reina e Cassinis, *Determinazioni di gravità relativa compiute nel 1912 a Roma, Arcetri, Livorno, Genova, Vienna e Potsdam* (con tre tavole) 751

Pubblicazioni della R. Accademia dei Lincei.

Serie 1ª — Atti dell'Accademia pontificia dei Nuovi Lincei. Tomo I-XXIII
Atti della Reale Accademia dei Lincei. Tomo XXIV-XXVI.

Serie 2ª — Vol. I. (1873-74).
Vol. II. (1874-75).
Vol. III. (1875-76). Parte 1ª Transunti.
2ª Memorie *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*
3ª Memorie *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.*
Vol. IV. V. VI. VII. VIII.

Serie 3ª — Transunti. Vol. I-VIII. (1876-84).
Memorie *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I. (1, 2). — II. (1, 2). — III-XIX.
Memorie *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XIII.

Serie 4ª — Rendiconti. Vol. I-VII. (1884-91).
Memorie *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-VII.
Memorie *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-X.

Serie 5ª — Rendiconti *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-XXIII. (1892-1914). Fasc. 3°.
Rendiconti *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XXI. (1892-1913). Fasc. 7°-8°.
Memorie *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-IX.
Memorie *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XII.

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE

AI RENDICONTI DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

I Rendiconti della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali della R. Accademia dei Lincei si pubblicano due volte al mese. Essi formano due volumi all'anno, corrispondenti ognuno ad un semestre.

Il prezzo di associazione per ogni volume e per tutta l'Italia è di L. 10; per gli altri paesi le spese di posta in più.

Le associazioni si ricevono esclusivamente dai seguenti editori-librai:

Ermanno Loescher & C.° — *Roma, Torino* e *Firenze.*

Ulrico Hoepli. — *Milano, Pisa* e *Napoli.*

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01354 6585